

# Università Iuav di Venezia

Scuola di Dottorato in Architettura, città e design  
Curriculum Innovazione per il costruire e per il patrimonio culturale  
XXXII ciclo

## **Edifici alti e ascensori rope-less**

Ruolo del sistema di comunicazione  
nella definizione del tipo

### **Dottoranda**

Martina Belmonte

### **Relatore**

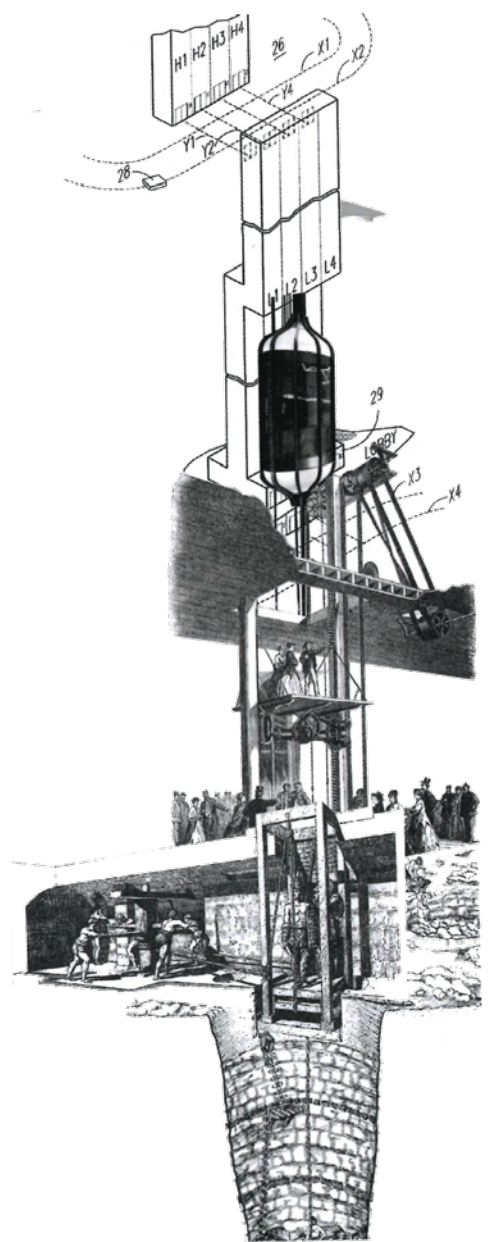
prof. Dario Trabucco

### **Correlatrice**

prof.ssa Elena Giacomello

Settore Scientifico Disciplinare ICAR/12  
anni 2016/2019





©Annie Wang

# Indice

<b>Introduzione.....</b>	<b>6</b>
<b>1. Elementi e classificazione dei sistemi di comunicazione verticale per passeggeri.....</b>	<b>13</b>
1.1 Definizioni.....	14
1.2 Dai primi dispositivi di sollevamento all'ascensore moderno per passeggeri.....	16
1.3 Classificazione degli impianti di sollevamento.....	20
1.3.1 L'ascensore oleodinamico (o idraulico).....	21
1.3.2 L'ascensore elettrico a trazione.....	23
1.3.3 Gli ascensori Machine Room Less.....	25
1.4 Elementi costituenti.....	26
1.4.1 Il vano di corsa.....	26
1.4.2 Il locale macchine.....	28
1.4.3 Le porte di piano e le porte di cabina.....	29
1.4.4 La cabina.....	29
1.4.5 Le funi e il contrappeso.....	33
1.5 I sistemi di sicurezza.....	37
<b>2. Il ruolo del sistema di trasporto verticale nell'evoluzione dell'edificio alto.....</b>	<b>43</b>
2.1 Elementi caratterizzanti l'edificio alto (tra cui l'ascensore).....	44
2.2 I primi edifici alti e i primi ascensori per passeggeri.....	48
2.2.1 Lo sviluppo dell'edificio alto a Chicago.....	51
2.2.2 Lo sviluppo dell'edificio alto a New York.....	55
2.3 Dall' <i>International Style</i> alle crisi energetiche degli anni Settanta.....	61
2.4 Lo sviluppo contemporaneo dell'edificio alto.....	63
2.4.1 Le conseguenze dell'11 settembre 2001.....	65
2.4.2 Verso nuove tendenze: gli <i>sky-bridge</i> .....	66
<b>3. Sistemi di circolazione negli edifici alti.....</b>	<b>73</b>
3.1 I principi della circolazione interna di un edificio.....	74
3.2 L'importanza della corretta valutazione del <i>people flow</i> .....	77
3.3 L'organizzazione in pianta degli ascensori.....	80
3.4 Le strategie di <i>dispatching</i> verticale.....	82
3.3.1 Schema a <i>stacked zones</i> o <i>in bank</i> .....	83
3.3.2 Schema a <i>sky-lobby</i> .....	84
3.3.3 Combinazioni miste.....	85
3.4 I sistemi di manovra.....	86
<b>4. Sistemi di circolazione non convenzionali.....</b>	<b>91</b>
4.1 Le ragioni della ricerca di soluzioni non convenzionali.....	92
4.2 I dispositivi <i>multi-car</i> a funi.....	94
4.2.1 Configurazioni lineari.....	94
4.2.2 Configurazioni a circuito.....	99
4.2.2 Soluzioni ibride.....	100
4.3 Soluzioni innovative.....	104

<b>5. Individuazione di edifici di riferimento per lo sviluppo delle proposte progettuali.....</b>	<b>113</b>
5.1 Indagine conoscitiva: presentazione, strumenti e metodo.....	114
5.1.1 Presentazione e commenti ai dati raccolti.....	117
5.2 Analisi delle configurazioni recenti di edifici alti.....	126
5.3 Identificazione delle ipotesi di applicazione dei sistemi <i>rope-less</i> .....	130
<b>6. Presentazione delle esercitazioni progettuali condotte.....</b>	<b>133</b>
6.1 Esercitazioni progettuali condotte con i <i>vertical transportation consultants</i> .....	134
6.1.1 432 Park Avenue, New York.....	135
6.1.2 Pinnacle@Duxton, Singapore.....	138
6.1.3 Marina Bay Sands, Singapore.....	140
6.1.4 La Grande Arche, Peteaux (Francia).....	142
6.1.5 Shanghai Tower, Shanghai.....	144
6.2 Esercitazioni progettuali condotte con gli studenti.....	148
6.2.1 Coaction Tower, Chicago.....	151
6.2.2 Vertical City, Milano.....	159
6.2.3 3in1 Complex, Milano.....	169
6.2.4 3hundred, Seoul.....	177
6.2.5 Penthouse, Chicago.....	185
6.2.6 Paternoster 2.0, Hong Kong.....	193
6.2.1 Farmscraper, Melbourne.....	201
6.2.2 Twist, Melbourne.....	207
6.2.3 TimeMachine, Manchester.....	215
<b>7. Considerazioni finali riguardo l'applicazione di dispositivi <i>rope-less</i> nel progetto di edificio alto.....</b>	<b>223</b>
7.1 Riflessioni sugli effetti dell'applicazione di dispositivi <i>rope-less</i> sulla distribuzione planimetrica.....	224
7.2 Strategie alternative di dispatching alternative.....	234
7.3 Possibili integrazioni dei dispositivi <i>rope-less</i> nei collegamenti orizzontali.....	242
7.4 Riflessioni su alcuni aspetti legati alla sicurezza dei dispositivi.....	245
7.5 L'importanza di una efficiente comunicazione con l'utente.....	247
<b>Conclusioni.....</b>	<b>250</b>
<b>Bibliografia.....</b>	<b>256</b>

# Introduzione

## BACKGROUND DELLA RICERCA

<sup>1</sup> *Professore ordinario di Storia dell'Architettura presso il College of Arts and Architecture di Charlotte, North Carolina.*

<sup>2</sup> *“L'ascensore passeggeri è stato a lungo come uno riconosciuto come una delle principali innovazioni tecnologiche che hanno reso possibile il grattacielo moderno. Ciò che in genere non viene riconosciuto è che è vero anche il contrario. Il bisogno del grattacielo negli anni 1880 e 1890 ha favorito lo sviluppo dell'ascensore per passeggeri moderno. Ciò che di solito viene paragonato alla storia dell'uovo e della gallina, che l'ascensore è venuto prima e che ha reso possibile il grattacielo, si dovrebbe descrivere come un rapporto simbiotico. La storia tecnica dell'ascensore ha sicuramente rivelato parte di questa storia (quella del grattacielo).”*

Lo stretto legame che intercorre fra il tipo edilizio dell'edificio alto e l'ascensore, inteso come sistema di comunicazione verticale, è stato raccontato dai più autorevoli storici dell'architettura (S. Giedion, C. Condit, F. Mujica, ecc. ...) rappresentando un caso singolare, non certo unico, in cui un componente tecnico-funzionale ha non solo condizionato, ma, ancor più, determinato un'architettura.

Non è solo la macchina, però, ad aver influito nell'evoluzione del tipo edilizio. Le parole di Lee Gray<sup>1</sup> rivelano un'influenza reciproca, un “rapporto a doppio senso” fra ascensore e grattacielo (Gray, 2014):

*“The passenger elevator has been long been acknowledged as one of the key technological developments that made the modern skyscraper possible. What is typically not acknowledged is that the reverse is also true. The emergence of the skyscraper in the 1880s and 1890s fostered the development of the modern passenger elevator. What has been typically referred to as a chicken-and-egg history, that the elevator came first and made the skyscraper possible, is perhaps better characterized as a symbiotic relationship. The elevator's technical history has revealed part of this story”<sup>2</sup>.*

Ciò vale a dire che l'edificio alto non è semplicemente il prodotto dell'applicazione (inevitabile) dell'ascensore all'interno degli edifici (alti). Gray dice che l'architettura, quindi i progettisti hanno prima dato vita al binomio edificio-ascensore e poi voluto e ottenuto che l'ascensore fosse sempre più performante nel raggiungere altezze più elevate, trasformando il binomio edificio-ascensore in grattacielo-ascensore. Ne consegue che le potenzialità e, allo stesso tempo, i limiti di uno hanno profondamente influenzato lo sviluppo dell'altro, e viceversa. L'incessante crescita e il costante mutamento del tipo dell'edificio alto, fortemente influenzato dai *trend* di mercato, hanno preteso sempre maggiori prestazioni tecniche dal dispositivo ascensore che, per quanto sia stato reso sempre più efficiente nei decenni, si rifà ancora oggi al principio base del sollevamento: una cabina che si muove in verticale all'interno di un vano collegata ad un contrappeso, che ne facilita il movimento. Per quanto semplice, tale conformazione ha permesso di rispondere alle richieste sempre più complesse da parte del settore delle costruzioni, sebbene non senza compromessi. Per poter servire edifici sempre più alti, infatti, si sono resi necessari alcune soluzioni tecniche strategiche nelle modalità di servizio e, allo stesso, tempo le prestazioni dei singoli elementi costituenti il dispositivo sono state soggette a sforzi via via maggiori. La conseguenza immediata ed evidente di questo processo, si riscontra nell'equilibrio tra gli spazi serviti e serventi dell'edificio alto, il cui rapporto, in realtà, sottende ad aspetti di tipo finanziario dato che solo i secondi tra i due sono reddito, costituendo la cosiddetta *rentable*

*area*. Una seconda conseguenza, apparentemente banale, sta nel fatto che la monodirezionalità del sistema ascensore vincola lo sviluppo del tipo dell'edificio alto anche da un punto di vista formale, caratterizzando in modo determinante la circolazione interna del manufatto e, di conseguenza, l'organizzazione e la fruizione degli spazi.

Le soluzioni proposte dalle ricerche del settore ascensoristico, nel corso del tempo, possono essere distinte in due categorie. La prima, che potrebbe essere definita convenzionale, mira a migliorare le prestazioni intervenendo direttamente sui vari elementi che costituiscono il dispositivo ascensore o individuando strategie di *dispatching* efficienti, per quanto talvolta complesse. Cabine in grado di viaggiare a velocità particolarmente elevate, funi più resistenti ma meno pesanti, sistemi "intelligenti" e così via, sono tutti esempi di soluzioni che appartengono a questa prima categoria, da cui deriva la stragrande maggioranza delle applicazioni.

La seconda categoria, invece, raccoglie tutte quelle ricerche *out of the box* e meno convenzionali che tentano di andare oltre al principio base del dispositivo ascensore, con l'obiettivo raggiungere nuovi gradi di libertà in termini di movimento e prestazione, eliminando gli elementi più limitanti del sistema di trasporto. Questa tendenza meno convenzionale ha sempre fatto parte del settore ascensoristico, sin dalle primissime applicazioni. Gli obiettivi comuni di questa categoria sono quelli di ottimizzare il servizio cercando soluzioni tecniche e tecnologiche che permettano da un lato a più cabine di muoversi lungo il medesimo vano (impianti multicar), dall'altro di non limitare lo spostamento alla sola direzione verticale, eliminando le funi di trazione e altri elementi vincolanti. Il "*mechanical dinosaur of vertical transport*" (Lampugnani e Hartwig 1994), meglio conosciuto come Paternoster, o il *Dual car elevator* di Sprague (Sprague 1930), così come la tecnologia TWIN di thyssenkrupp elevator (Smith, et al. 2010) sono tutti esempi degli impianti *multicar*. Rappresentativo è l'impianto *Odyssey*, presentato da Otis nel 1986 (Barker 1997), e definito da Fortune un "*vertizontal elevator*" (Fortune 1998). Si tratta di un dispositivo ibrido dove la cabina può alternare lo spostamento verticale a quello orizzontale. L'idea venne abbandonata per questioni economiche, tuttavia, nel 2016 thyssenkrupp elevator presenta ufficialmente la nuova tecnologia MULTI, ascensore *ropeless* (senza funi) ad induzione lineare in grado di muoversi sia in verticale che orizzontale lungo un circuito chiuso, attualmente in fase di produzione e definizione. La presentazione del Multi ha riportato l'attenzione sul tema del rapporto simbiotico tra il grattacielo e l'ascensore, e sulle nuove possibilità che una simile rivoluzione del settore ascensoristico/trasportistico potrebbe determinare nella definizione del tipo edilizio dell'edificio alto.

Questo percorso di ricerca intende indagare il rapporto tra i sistemi di circolazione verticale e il tipo edilizio dell'edificio alto, affrontando gli effetti che una rivoluzione nel settore ascensoristico potrebbero avere sugli aspetti architettonici, strutturali e di funzionalità dell'edificio alto e l'organizzazione dello spazio urbano.

L'impostazione metodologica adottata intende indagare il rap-

## METODOLOGIA

porto simbiotico tra l'edificio alto e l'ascensore a cui viene affidata, in modo quasi esclusivo, la circolazione interna in questo tipo edilizio. L'intento è quello di cogliere le opportunità che si celano in una possibile sostanziale innovazione del settore ascensoristico – e trasportistico più in generale – che potrebbero portare ad una evoluzione del tipo edilizio e delle modalità di circolazione sia all'interno degli edifici che all'esterno, incidendo significativamente sulla rete dei collegamenti urbani.

Al fine di raggiungere una conoscenza trasversale sul tema, la ricerca è stata strutturata per livelli successivi di approfondimento, seguendo un approccio metodologico organizzato in due fasi distinte:

1. Una prima **fase analitica** di carattere induttivo al fine di studiare e comprendere le caratteristiche – tecniche, tecnologiche, funzionali e applicative – dei sistemi di comunicazione verticale convenzionali e delle soluzioni di trasporto meno convenzionali. Le conoscenze acquisite vengono messe in relazione critica con le fasi salienti dell'evoluzione – architettonica e tipologica – dell'edificio alto, per mettere in luce il rapporto sinergico tra questo e l'elemento tecnologico in esame.

Questa prima fase è stata supportata da studi bibliografici (normative di riferimento, manuali tecnici, articoli scientifici, risorse online, brevetti, riviste di settore, ecc.); la creazione di un *panel* di professionisti del settore (esperti di trasporto verticale, progettisti, architetti, strutturisti, docenti e ricercatori) che sono stati coinvolti a più livelli nelle varie fasi, e lo studio di *software* specifici (partecipando ad un corso di formazione dedicato al *software* di simulazione Elevate, sviluppato dalla Peters Research).

I risultati attesi di questa prima fase sono la ricostruzione dell'evoluzione del tipo dell'edificio alto in parallelo a quella del settore ascensoristico, al fine di individuare le fasi significative che hanno segnato un progresso per entrambi, inteso come edifici e applicazioni rappresentativi. Questo per evidenziare come i limiti tecnici e tecnologici del dispositivo abbiano spesso vincolato la definizione del tipo, e viceversa, tramite l'analisi delle soluzioni tecniche meno convenzionali per capire l'eventuale grado di libertà e di modifica che potrebbero comportare.

1. Una seconda fase di **definizione progettuale**. Sulla base delle conoscenze apprese durante la fase di analisi iniziale sono stati sviluppati differenti progetti di edifici alti, al fine di indagare e proporre sia nuovi modelli di circolazione all'interno degli edifici, e non solo, sia per individuare possibilità e criticità derivanti dall'applicazione di dispositivi ropeless e multi-direzionali ad un tipo edilizio geneticamente legato ad una monodirezionalità del trasporto meccanizzato. I progetti che sono stati definiti si sono focalizzati su aspetti differenti derivanti da questa innovazione tecnologica, al fine di avanzare più alternative possibili. I risultati ottenuti (si veda **Capitolo 7**) sono stati poi utilizzati per dedurre delle considerazioni finali in termini accorgimenti progettuali di cui tener conto in futuro, oltre che spunti di ragionamento e suggerimenti per una



ridefinizione del tipo edilizio in esame.

Gli strumenti operativi utilizzati in questa fase sono stati molteplici. In primo luogo è stato organizzato un diretto coinvolgimento del panel dei professionisti per supportare, verificare e correggere le soluzioni progettuali proposte. Gli studenti della facoltà straniera sono stati coinvolti grazie al contributo del *Council on Tall Buildings and Urban Habitat*<sup>3</sup> (CTBUH) tramite il lancio di una *Master Thesis Challenge* dedicata al tema in esame. Gli studenti sono stati supportati e guidati nelle varie fasi di definizione del progetto, ognuno dei quali ha indagato differenti soluzioni applicative, rivelando punti di forza e criticità utili.

Fondamentale, in questa seconda fase della ricerca, è stato il confronto con l'azienda thyssenkrupp elevator e, nello specifico, con il *team* che si occupa dello sviluppo della tecnologia Multi, che ha fornito importanti *input* e indicazioni nelle fasi di revisione dei progetti.

I risultati attesi per questa seconda fase della ricerca constano della definizione di progetti di edifici alti "nuovi". I progetti-studio devono poi essere utilizzati per identificare, studiare ed eventualmente risolvere le criticità derivanti dall'applicazione del Multi, in termini di definizione del tipo edilizio, di organizzazione e fruizione degli spazi, di sicurezza, *comfort* e interazione con l'utente, fornendo utili e motivati spunti di ragionamento e riflessione.

Gli obiettivi della ricerca sono i seguenti:

1. Studiare le caratteristiche tecniche dei sistemi di comunicazione verticale convenzionali, al fine di comprenderne il funzionamento, i requisiti tecnici delle singole parti costituenti, le normative e relative applicazioni.
2. Indagare e comprendere i requisiti specifici della circolazione all'interno di un edificio alto e le conseguenti soluzioni tecniche e tecnologiche adottate dal settore trasportistico nel corso della storia, individuando i momenti salienti del rapporto biunivoco tra edificio alto e ascensore.
3. Analizzare e comprendere i dispositivi di trasporto multidirezionali e *ropeless* proposti nel corso della storia passata e recente, al fine di comprenderne limiti e opportunità di applicazione.
4. Formulare possibili soluzioni di ridefinizione del tipo edilizio, tramite lo sviluppo progetti, basati sull'applicazione di dispositivi *ropeless* e multidirezionali, al fine di comprenderne nuove opportunità, limiti e criticità e requisiti specifici.

Data la mancanza di dati tecnici sulle prestazioni dei dispositivi *ropeless* e multidirezionali presi in considerazione, non è stato possibile condurre simulazioni approfondite. Le soluzioni proposte, per questo motivo, sono state sottoposte sia ad esperti di traffico che di trasporto verticale, che hanno fornito utili suggerimenti sulla base delle proprie competenze ed esperienze. Anche per questo motivo le considerazioni progettuali di applicazione proposte dovranno essere rivalutate alla luce

<sup>3</sup> Un organismo internazionale no-profit, con sede a Chicago, che opera nel campo degli edifici alti e della progettazione urbana sostenibile. La missione è di diffondere informazioni multidisciplinari su edifici alti e ambienti urbani sostenibili, per massimizzare l'interazione internazionale dei professionisti coinvolti nella creazione dell'ambiente costruito e rendere disponibili le ultime conoscenze.

## **OBIETTIVI DELLA RICERCA**

## **LIMITI DELLA RICERCA**

di eventuali nuove informazioni tecniche rese disponibili in futuro.

#### ESITI ATTESI

L'indagine intende esplorare le future possibili applicazioni di un nuovo sistema-ascensore all'edificio alto, individuando criticità e opportunità di una probabile ridefinizione dei principali aspetti architettonici del tipo. L'intenzione è di definire delle linee di indirizzo che rappresentino il punto di partenza per una riflessione sul tema della circolazione interna degli edifici (alti e non) e, se plausibile, nella scala urbana; nella prospettiva di future città sempre più connesse, complesse e dinamiche.

#### DESTINATARI DELLA RICERCA

Questo rappresenta uno studio sulla mobilità negli edifici e nelle città che può dimostrare scenari applicativi futuribili. Per questo i primi destinatari della ricerca sono l'industria e i produttori, in particolare modo di gruppo thyssenkrupp che sta sviluppando la tecnologia Multi. Tuttavia, la speranza è che, in seguito, altre aziende di settore indaghino tali possibilità, come accaduto in passato. Oltre all'industria, i destinatari della ricerca sono i progettisti e quanti si occupano di teoria della progettazione architettonica e urbana.

#### COLLOCAZIONE SCIENTIFICA DELLA RICERCA

Il settore scientifico disciplinare che interessa la ricerca è ICAR/12 Tecnologia dell'architettura che riguarda *“le teorie, gli strumenti ed i metodi rivolti ad un'architettura sperimentale alle diverse scale, fondata sull'evoluzione degli usi insediativi, della concezione costruttiva e ambientale, nonché delle tecniche di trasformazione e manutenzione dell'ambiente costruito”*<sup>4</sup>. La ricerca indaga come le innovazioni tecniche del settore ascensoristico abbiano influenzato il processo di definizione del tipo edilizio dell'edificio alto, sia nel corso della storia che in un ipotetico futuro. Nello specifico, la ricerca prende in considerazione anche le più recenti e meno convenzionali innovazioni tecnologiche del settore ascensori, indagando quelli che potrebbero essere gli effetti sull'edificio alto inteso come tipo edilizio.

<sup>4</sup> Decreto Ministeriale del 4 ottobre 2000, Allegato B: Settori scientifico-disciplinari.

#### CONTRIBUTI ESTERNI

La ricerca è stata condotta con il supporto de:

- il Council on Tall Building and Urban Habitat (CTBUH), organizzazione no-profit Americana che si occupa di divulgazione riguardo gli edifici alti e l'ambiente urbano sostenibile, per massimizzare l'interazione tra i professionisti internazionali interessati o direttamente coinvolti nella progettazione, costruzione e gestione di edifici alti e città future;
- il gruppo di ricerca e sviluppo della tecnologia Multi di thyssenkrupp Elevator, composto da Karl-Otto Schöllkopf, Markus Jetter e Stefan Gerstenmeyer;
- i consulenti di trasporto verticale Robin Cheeseright, D2E International VT Consultants Ltd, e Tony Sharp, WPS Consulting Ltd.;
- il professor Richard Peters, fondatore della Peters Research Ltd. e sviluppatore del software Elevate;
- professionisti del settore tra cui Dennis Poon, Thornton Tomasetti, Robin Chmielowski, Magnusson Klemencic Associates, Paolo Zil-

- li, Zaha Hadid Architects;
- docenti coinvolti, tra cui Dario Trabucco, ICAR/12; Elena Giacomello, ICAR/12; Paolo Foraboschi, ICAR/09; Giovanni Marras, ICAR/14; Serena Maffioletti, ICAR/14, Università Iuav di Venezia. Scott Drake e Fiona A. McLean, University of Melbourne. David Nicholson-Cole, University of Nottingham.



# 1. Elementi e classificazione dei sistemi di comunicazione verticale per passeggeri

**I**n questo capitolo l'ascensore per passeggeri viene definito e descritto attraverso la presentazione di tutte le sue parti costituenti. L'ascensore analizzato è un dispositivo di sollevamento esplicitamente dedicato al trasporto di persone e, di conseguenza, con alti standard di sicurezza da assicurare. Da quando la macchina ascensore è stata resa adatta al trasporto per passeggeri oltre 160 anni fa ha subito continui miglioramenti e avanzamenti tecnologici che ne hanno aumentato le prestazioni, rendendola uno dei dispositivi meccanici più efficienti e sicuri.

La prima parte di questo capitolo è dedicata ad analizzare le definizioni utilizzate per descrivere la macchina.

In secondo luogo il capitolo presenta le diverse classificazioni del dispositivo ascensore, procedendo poi ad analizzare le principali parti costituenti. Scendere troppo nel dettaglio nella presentazione della complessa macchina ascensore non è l'intento principale di questa tesi. Per questo motivo sono stati presentati i componenti principali su cui si basa il funzionamento dell'ascensore: cabina, funi, contrappeso, porte di piano e porte di cabina, sistemi di sicurezza.

Ogni singola parte costituente è stata presentata nella sua variante più convenzionale e la trattazione è stata poi integrata con nozioni specifiche riguardanti i dispositivi progettati e applicati nel tipo edilizio dell'edificio alto, che spesso richiede soluzioni peculiari e specifiche, vista la complessità.

L'obiettivo di questo capitolo è fornire le nozioni base per conoscere la macchina in tutte le sue parti, i requisiti necessari alla sua installazione e al suo corretto funzionamento, riconoscendo il rapporto con l'edificio e gli accorgimenti da rispettare per assicurare un servizio efficiente e confortevole per il passeggero.

## 1.1 Definizioni

Prima di entrare nel vivo della trattazione della ricerca, si ritiene opportuno fare chiarezza riguardo i termini che saranno più spesso utilizzati, partendo dalla definizione comune dell'oggetto principale dell'analisi: l'ascensore.

<sup>1</sup>La definizione proposta è stata trascritta da Treccani. Dizionario della lingua italiana. Giunti Editori, Firenze. 2017.

**Ascensore**<sup>1</sup> s. m. [dal fr. *ascenseur*, der. del lat. *ascendĕre* «salire», supino *ascensum*]. Impianto di sollevamento per persone da un piano all'altro negli edifici o, più in generale, fra punti di diverso livello, costituito essenzialmente da una cabina che scorre verticalmente tra due guide, sostenuta da funi d'acciaio che si avvolgono su un argano, generalmente elettrico; l'analogo impianto per il sollevamento di cose si chiama montacarichi.

Questa definizione riporta il sapere comune riguardo gli elementi che costituiscono un ascensore e il principio alla base del suo funzionamento: un dispositivo che si identifica spesso in uno spazio chiuso chiamato cabina, in cui gli utenti entrano per essere trasportati verso l'alto o verso il basso, a seconda della destinazione, all'interno di un edificio. Tuttavia, per quanto possa sembrare una descrizione semplificata, essa permette anche di introdurre una serie di terminologie significative, utili per approcciare la trattazione successiva. Per prima cosa, la definizione cita una serie di componenti (cabina, guide, argano, ecc.) che costituiscono l'ascensore, la cui interazione ne permette il funzionamento. Questi aspetti del dispositivo saranno trattati in modo più approfondito nelle prossime sezioni. In questo momento si intende invece concentrarsi sulla parte iniziale della definizione.

L'ascensore viene classificato come “impianto di sollevamento” richiamando ad una sorta di paragone con impianti tecnici intesi come strumenti di fornitura dei servizi necessari per rendere un edificio funzionante, abitabile ed efficiente (fornitura di energia elettrica, impianto idraulico, impianto di climatizzazione, ecc.). Secondo Raffaella Lione<sup>2</sup> il termine “impianto di sollevamento” è entrato nell'uso comune come definizione di ascensore “sia per similitudine, sia perché comunque per ottenere “elementi di salita mobili o semoventi” (forse sarebbe questa la terminologia più corretta) è necessaria la presenza di impianti tecnici intesi in senso tradizionale (come per esempio l'impianto elettrico e l'impianto idraulico)” (Lione 1998).

La definizione chiarisce poi che, quando si usa il termine ascensore, si fa implicitamente riferimento ad un sistema di trasporto dedicato alle persone, a passeggeri. Infatti, gli ascensori, così come i montacarichi, che vengono menzionati in chiusura alla definizione, e altre categorie di impianti di sollevamento, rientrano tutti nella grande famiglia degli “elevatori”, cioè un dispositivo meccanico per sollevare e trasportare carichi, costituito da una parte fissa lungo la quale “scorre” in verticale la parte mobile, che raggiunge i vari livelli da servire.

<sup>2</sup> Professoressa ordinaria in Architettura tecnica presso l'Università di Messina.

In Italia, il settore degli elevatori meccanici, da un punto di vista normativo, è fondamentalmente definito e classificato da due Direttive<sup>3</sup>:

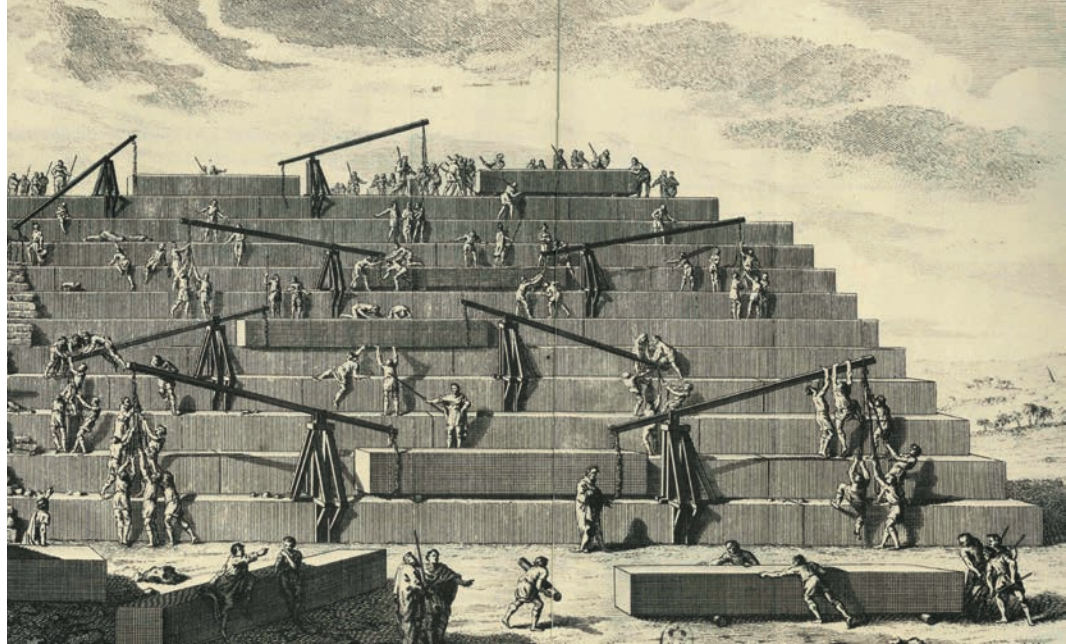
- La Direttiva Ascensori 2014/33/UE, il cui scopo è quello di regolamentare la messa in servizio di impianti elevatori che devono rispettare specifici requisiti essenziali di sicurezza.
- La Direttiva Macchine 2006/42/CE, definisce i requisiti in materia di sicurezza e di salute pubblica ai quali devono rispondere le macchine (fisse, mobili, trasportabili e di sollevamento/spostamento) in fase di progettazione, realizzazione e riguardo il loro funzionamento, prima che vengano rese disponibili sul mercato.

Procedendo nell'analisi della definizione, si chiarisce poi che gli ascensori per passeggeri vengono installati all'interno di edifici per metterne in comunicazione i vari livelli, rimandando ad un'altra locuzione: "elemento di comunicazione verticale meccanizzato" (Pugnalotto 2012). Questa definizione rimanda alla concezione di organismo edilizio come insieme di elementi e componenti aventi una propria autonomia ma che messi a sistema sono in grado di garantire il funzionamento dell'edificio. Gli elementi di comunicazione verticale meccanizzati<sup>4</sup>, come la definizione stessa anticipa, hanno lo scopo di collegare funzioni o spazi dell'organismo edilizio in verticale.

Il tipo edilizio dell'edificio alto, più di altri, basa il proprio funzionamento sul collegamento efficiente tra i livelli sovrapposti. Per questo motivo, l'ascensore e l'edificio alto costituiscono da sempre una sorta di combinazione funzionale dove l'uno influisce direttamente sull'altro, e viceversa. Lo studio di come questi due elementi si siano condizionati a vicenda nel corso della loro evoluzione e come potrebbero farlo in futuro è l'oggetto principale di questa ricerca. Gli edifici alti, come si vedrà, richiedono progetti di impianti di sollevamento molto articolati e complessi tanto da assumere un ruolo determinante nelle fasi di progettazione. Inoltre le soluzioni proposte e sviluppate negli anni mettono in evidenza lo stretto legame e la diretta relazione tra il settore ascensoristico e quello trasportistico. Un'analogia che porta spesso a definire l'ascensore anche come "mezzo di trasporto". Un dispositivo meccanico progettato per trasferire persone o cose da un punto ad un altro. La differenza con i sistemi di trasporto cui si fa solitamente riferimento è che l'ascensore ha sempre seguito una traiettoria di spostamento verticale, gli altri mezzi anche orizzontale. Si ritiene però importante sottolineare questa relazione con il settore dei trasporti, per ragioni che saranno meglio chiarite in seguito.

<sup>3</sup> Una trattazione dettagliata delle normative di settore non è oggetto di questa tesi di ricerca.

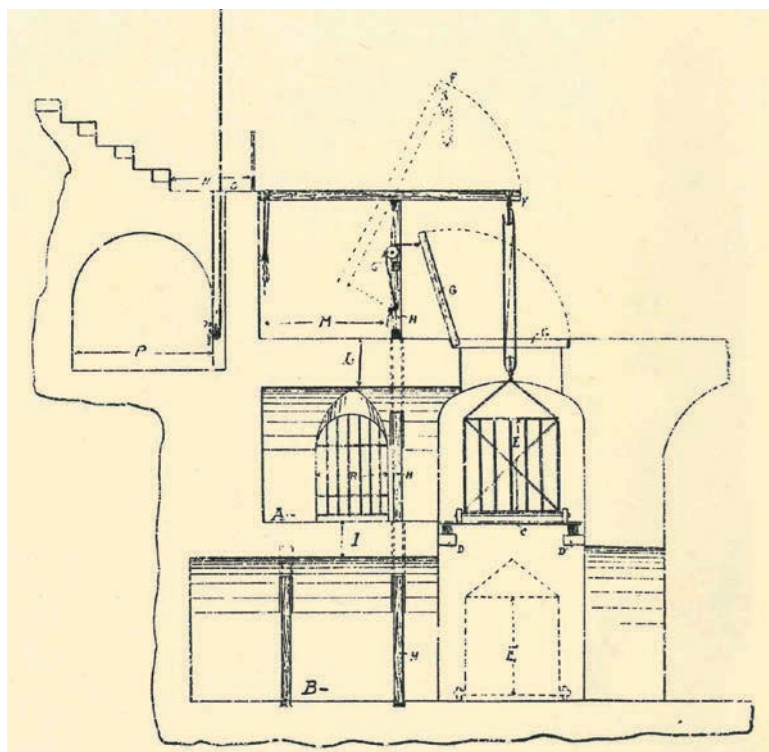
<sup>4</sup> Ci sono altre categorie di elementi di comunicazione verticale, si pensi ai corpi scala per esempio. Per questo motivo l'attributo "meccanizzato" è fondamentale per identificare la tipologia specifica cui si sta facendo riferimento.



**Figura 1:** Una raffigurazione che fornisce una possibile interpretazione di quello che poteva essere un cantiere di costruzione nell'antico Egitto.  
Fonte: Gavois, 1983

## 1.2 Dai primi dispositivi di sollevamento all'ascensore moderno per passeggeri

Le raffigurazioni di rudimentali meccanismi per il sollevamento provenienti dal passato sono numerosissime. Sebbene in alcuni casi si tratti di ricostruzioni posteriori di racconti o scritti ritrovati è innegabile che l'ingegno dell'uomo, nelle varie epoche passate, ha portato a soluzioni sempre più complesse e articolate per risolvere il problema di sollevamento dei carichi. Una maggiore applicazione di questi dispositivi è stata registrata nei cantieri edili per poter trasportare materiali e operai, per quanto l'affidabilità e la sicurezza di tali impianti fossero abbastanza precarie. Tra i primi esempi le rudimentali sistemi di sollevamento a leva che si suppone sino stati sviluppati e applicati in Egitto, per esempio nella realizzazione delle piramidi, si veda la rappresentazione in **Figura 1** (Gavois 1983).



**Figura 2:** Rappresentazione in sezione del sistema di sollevamento a trazione progettato per il Colosseo di Roma.  
Fonte: Gavois, 1983



Anche le civiltà successive di cui sono giunte tracce, si pensi per esempio a greci e romani, hanno sviluppato dispositivi di sollevamento che hanno permesso la realizzazione delle numerose costruzioni dell'epoca, buona parte delle quali sono ancora non solo in piedi ma visitabili e utilizzate. I cantieri, tuttavia, non solo stati gli unici luoghi che hanno richiesto dispositivi di questo genere. Per esempio, nel Colosseo sono stati ritrovati dispositivi di sollevamento costituiti da piattaforme mobili che permettevano ad animali e gladiatori di raggiungere l'arena. Il sollevamento, come si vede nella rappresentazione in **Figura 2**, veniva azionato da altri uomini, e in alcuni casi animali, e consisteva in un sistema di funi e argani per sollevare la piattaforma. Anche nei teatri dell'antica Grecia sono state ritrovate tracce di dispositivi simili.

Attorno al XIV secolo, sistemi a carrucola per sollevare ceste e reti erano l'unico mezzo per raggiungere le Meteore, dal greco "sospeso in aria", monasteri arroccati sulle cime rocciose della Grecia del nord. Nei cantieri edili del Medioevo sono state sviluppate varie soluzioni per il sollevamento di materiali da costruzione, e più raramente di persone, come le numerose illustrazioni ritrovate lasciano intendere (Lione 1998).

Un altro esempio di sistema di trasporto è la *chaise volante*, voluta da re Luigi XV per permettere alle sue favorite di raggiungerlo senza essere viste da nessuno. Si trattava di una vera e propria sedia, nascosta all'interno dei muri della reggia, messa in moto tramite un complesso sistema di leve e pulegge azionate dal passeggero. Tuttavia, pare che in seguito ad uno spiacevole incidente che vide protagonista la

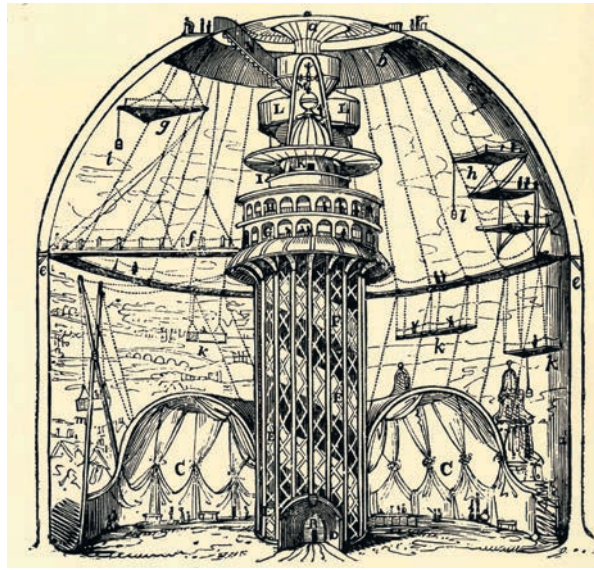
**Figura 3:** Un esempio di Meteora, monastero arroccato sulle alture elleniche raggiungibile a piedi o tramite un sistema di sollevamento azionato a mano. Fonte: Wikipedia



**Figura 4:** sx. Una rappresentazione del Coliseum realizzato a Hyde Park nel 1829 e poi smantellato.

dx. L'ascensore che conduceva i visitatori al terrazzo panoramico in sommità. Lungo il tragitto i passeggeri potevano apprezzare la vista degli affreschi realizzati sulle pareti interne.

Fonti: Gavois, 1983; Sally O'Brien



figlia del re, il dispositivo venne rimosso immediatamente (Rowsome 1946).

Nel 1829, fu installato un impianto di sollevamento meccanico nel *London Coliseum*, costruito e poco dopo rimosso presso l'Hyde Park di Londra (Fornasari 2014). Si trattava di un edificio di grandi dimensioni chiuso da una grande cupola (**Figura 4**), i cui interni erano dipinti. Al centro dell'edificio era collocato un rudimentale ascensore per passeggeri che potrebbe essere anche definito "panoramico", dato che il suo scopo era quello di permettere ai passeggeri di vedere le raffigurazioni realizzate sulle pareti interne del *Coliseum*, fino a raggiungere la terrazza panoramica collocata in sommità (Gavois 1983).

Verso la fine del XIX secolo, a San Pietroburgo, l'inventore russo Ivan Kulibin fece installare nel Palazzo d'Inverno il suo prototipo di ascensore. Un dispositivo con un approccio differente dove la convenzionale fune venne sostituita da una barra metallica filettata che girando in un verso o nell'altro permetteva alla cabina di salire o scendere (Bingelli 2015).

Mentre i primi sistemi venivano azionati da animali o, in alcuni casi, dall'uomo stesso, a partire dal Diciannovesimo secolo il motore a vapore permise un consistente miglioramento delle prestazioni dei dispositivi meccanici. Gli esempi riportati sono solo alcuni tra i numerosi esempi sviluppati dall'uomo nelle corse della storia. Sono stati ritenuti più rappresentativi perché avevano come obiettivo il trasporto di persone, passeggeri per quanto i livelli di sicurezza e affidabilità non fossero spesso all'altezza di tale scopo. Inoltre, sono tutti esempi sporadici, di applicazioni uniche per risolvere un'esigenza specifica e, di conseguenza, non ancora definibili come "elementi di comunicazione" poiché non rientrano ancora a pieno titolo come elemento costituente di un organismo edilizio.

Il primo sistema di sicurezza applicato agli impianti di sollevamento venne presentato solo nel 1853, durante l'Esposizione Universale di

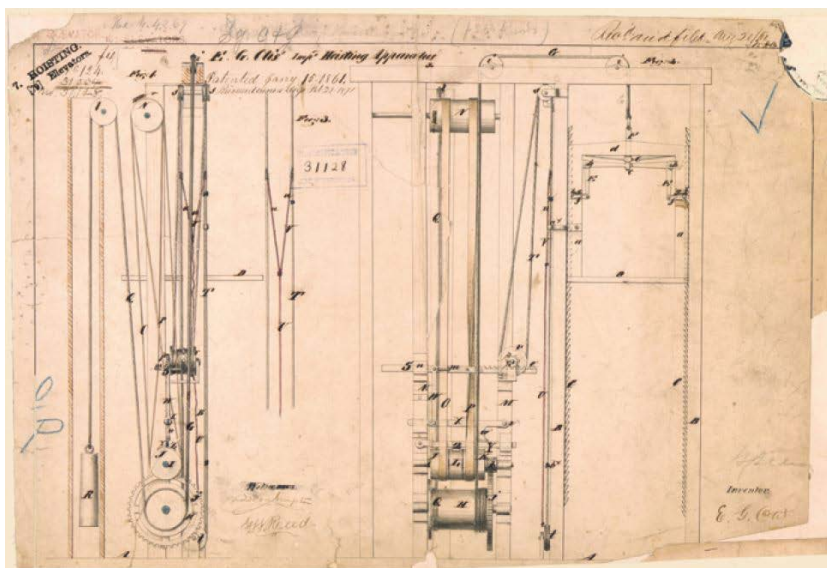
New York, da E. G. Otis. Il sistema, chiamato “paracadute”, consisteva nella combinazione di una robusta molla per vagoni ferroviari e in un dente di arresto, installato lungo le guide di scorrimento della cabina. In caso di rottura o allentamento della fune, la molla avrebbe spinto il dente di arresto contro le guide dentate arrestando immediatamente la caduta della cabina (Cottardo 2008). La stampa dell’epoca descrisse il dispositivo come “*a new and excellent Platform elevator, by Mr. Otis, of Yonkers, N.Y. It is worked by a steam power, and operates like come of the elevators in cotton factories. It has a plain platform, which runs up and down on guides. It is self-acting, safe, and convenient*”<sup>5</sup> (A. Bernard 2014). Il riconoscimento della carica rivoluzionaria di questo dispositivo, definito all’inizio dallo stesso Otis un semplice “*improvement in hoisting apparatus*”, è arrivato in seguito. Un ascensore attrezzato con il sistema a paracadute venne installato per la prima nel 1856 presso il Haughwouth&Company, negozio di vetri e porcellane di New York. Il dispositivo viaggiava ad una velocità massima di 0,20 metri al secondo e serviva i 5 piani dell’edificio<sup>6</sup> (Strakosch e Caporale 2010).

L’approvazione e la fiducia negli ascensori per passeggeri, sia da parte degli utenti sia da parte dei progettisti, arrivò solo in seguito. Basti pensare che Otis non registrò il brevetto se non nel 1861, quando cominciarono ad arrivare i primi ordini per ascensori per passeggeri all’interno di edifici multipiano. Tanto è vero che, in realtà, furono i figli a beneficiare degli effetti rivoluzionari che la miglioria apportata da Otis provocò successivamente nel settore delle costruzioni (W. Ross 1995).

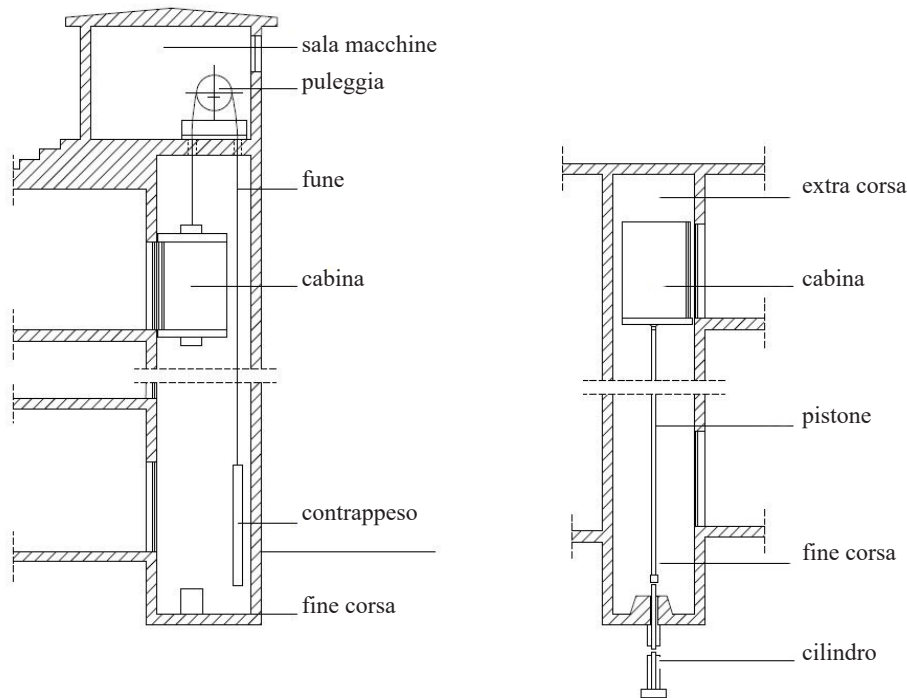
Con l’introduzione del motore idraulico, progettato da Leon Edoux nel 1867 durante l’Esposizione Universale di Parigi, a dare un ulteriore stimolo (Paoelli 1994). Il motore idraulico, applicato ai sistemi di sollevamento, permise di sollevare le cabine ad altezze maggiori e a velocità più sostenute, rendendo il servizio più confortevole.

<sup>5</sup> “una nuova eccellente piattaforma elevatrice, dal sig. Otis, di Yonkers, N.Y. Azionato da un motore a vapore, come quelli utilizzati nelle fabbriche di cotone. È automatico, sicuro e vantaggioso”.

<sup>6</sup> Dopo soli tre anni di attività l’ascensore venne rimosso perché inutilizzato. Gli utenti continuavano a preferire le scale, soprattutto per scendere. Ci volle del tempo perché gli ascensori venissero accettati perché ritenuti sicuri.



**Figura 5:** Il brevetto presentato e registrato da Otis nel 1861. Il prospetto del sistema di sollevamento riportato sulla destra mostra chiaramente le guide dentellate lungo le quali scorre la cabina, su cui è installato il sistema paracadute, un sistema meccanico a molla che si attiva in caso di perdita di trazione della fune di sollevamento. Se il paracadute si attiva le molle spingono i due elementi di bloccaggio contro le guide di scorrimento in modo che si incastrino letteralmente tra le dentature, fermando la cabina all’istante. Fonte: Wikipedia



**Figura 6:** Sezioni rappresentative di un impianto elettrico a funi (immagine sulla sinistra) e uno oleodinamico (sulla destra). Nel primo la cabina è collegata al contrappeso tramite una fune, che si avvolge attorno alla puleggia, collocata all'interno della sala macchine. Nell'impianto oleodinamico rappresentato la cabina è sorretta da un pistone inserito in un cilindro collocato alla base del vano di corsa.

Fonte: autore

Il passaggio successivo fu l'introduzione pochi anni dopo, nel 1880, del motore elettrico. Werner von Siemens presentò il primo ascensore elettrico all'Esposizione Universale di Mannheim. Il dispositivo garantiva una corsa di 22 metri in 11 secondi, raggiungendo una velocità di circa 2 m/s, garantendo anche un livello di comfort superiore (Fornasari 2014). Viste le migliorie e la rapida crescita in altezza degli edifici, che richiedevano quindi sistemi di trasporto più performanti, l'ascensore elettrico si diffuse molto velocemente, sostituendosi a quello idraulico.

Gli anni a seguire furono un costante susseguirsi di avanzamenti tecnici e miglioramenti nelle prestazioni, gli ascensori divennero più veloci, più confortevoli, più grandi, più sostenibili e sempre più automatizzati, come si vedrà nelle sezioni successive di questo capitolo. Il progresso tecnologico del dispositivo ascensore fu lento ma costante, grazie alle migliorie apportate agli elementi costitutivi (cavi e funi, guide, ecc.), all'incremento delle prestazioni del motore (prima a vapore, poi idraulico e infine elettrico) e alla crescente domanda di installazioni. Tutti fattori che, con il tempo, resero la presenza dell'ascensore in un edificio una necessità, una regola e non più un'eccezione.

### 1.3 Classificazione degli impianti di sollevamento

Gli impianti di sollevamento si classificano in due grandi categorie, che si distinguono dal punto di vista del funzionamento: gli ascensori elettrici, detti anche a funi o a trazione e gli ascensori oleodinamici o idraulici (si veda **Figura 6**). L'ascensore elettrico si rifà al principio di sollevamento per trazione, dove la cabina è collegata ad un contrappeso tramite una fune che scorre attorno ad una puleggia collocata in alto

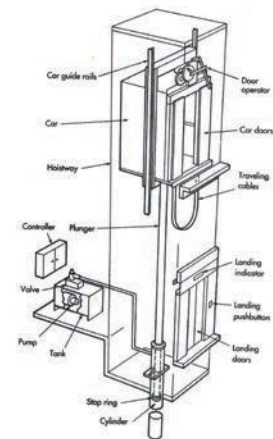
rispetto all'impianto. Nell'ascensore oleodinamico, invece, la cabina viene spinta da un pistone collocato alla base dell'impianto, in posizione centrale o laterale, come si vedrà in seguito.

Per quanto alcuni degli elementi costituenti siano gli stessi, le due categorie di ascensore hanno requisiti differenti che influenzano direttamente la loro applicazione e il rapporto con l'edificio.

### 1.3.1 L'ascensore oleodinamico (o idraulico)

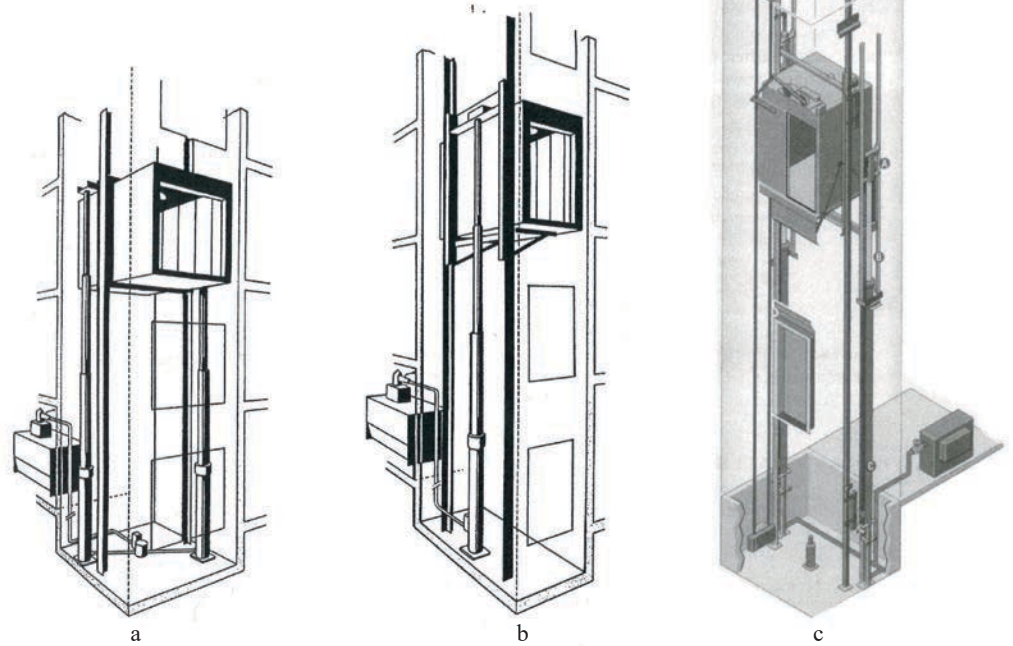
Il principio di funzionamento e gli elementi costitutivi di un ascensore idraulico moderno sono rimasti essenzialmente gli stessi dei primi impianti proposti a partire dalla seconda metà dell'Ottocento. L'elemento principale è il pistone che, collocato all'interno di un cilindro metallico, viene fatto salire o scendere, a seconda della direzione di moto, permettendo lo spostamento della cabina. Il movimento del pistone si attiva immettendo, o facendo uscire, un liquido in pressione all'interno del cilindro metallico. I primi dispositivi si classificavano come idraulici poiché veniva utilizzata l'acqua proveniente dalla rete di distribuzione idrica cittadina. Questo, tuttavia, non garantiva un livello di affidabilità costante: la pressione di immissione era difficile da controllare e, in inverno, non era raro che l'acqua, fatta fluire all'interno delle deviazioni di mandata, all'interno del cilindro ghiacciasse, rendendo inutilizzabile il sistema (Giedion 1984). Da qui l'applicazione di pompe idrauliche che immettevano e ritiravano il fluido all'interno di un sistema chiuso, garantendo una maggiore affidabilità e controllo delle procedure. In seguito l'acqua venne sostituita da un altro fluido incompressibile, l'olio minerale, per questo motivo gli ascensori idraulici vengono anche chiamati oleodinamici, i due termini indicano il medesimo dispositivo.

Esistono diverse tipologie di impianti idraulici, con configurazioni e prestazioni differenti. La prima, la più semplice, è quella definita diretta. In questo caso il pistone e il cilindro si trovano direttamente al di sotto della cabina, centralmente rispetto al vano di corsa. Oggi si utilizzano pistoni telescopici o estensibili, costituiti cioè da più sezioni cilindriche di diametro diverso, progressivamente più piccolo, che si possono inserire le une nelle altre. Così facendo quando tutte le sezioni sono estese il pistone raggiunge l'altezza massima di servizio, quando invece sono tutte contratte la cabina è al piano più basso servibile e il cilindro occupa uno spazio relativamente ridotto. Nei primi dispositivi, invece, la lunghezza del pistone e del cilindro che lo conteneva doveva essere pari all'altezza che la cabina doveva raggiungere. Nel caso di ascensori idraulici diretti il cilindro doveva essere letteralmente inserito nel terreno per tutta la sua estensione (**Figura 7**), a patto che le condizioni del sottosuolo lo permettessero. Inoltre, eventuali perdite di pressione dovute a crepe o rotture del cilindro nel sottosuolo erano difficili da individuare e da riparare (Strakosch e Caporale 2010). In alcune applicazioni, il sistema pistone-cilindro è stato posizionato orizzontalmente in un apposito locale alla base del vano di corsa. Tramite un sistema di rimando la spinta del pistone azionava il moto verticale



*Figura 7: Rappresentazione di un impianto idraulico diretto e dei vari elementi che lo costituiscono.*

*Fonte: Strakosch e Caporale, 2010*



**Figura 8:** *Differenti configurazioni di impianti idraulici indiretti holeless, lettere a e b, e a funi, lettera c.*  
 Fonte: Strakosch e Caporale, 2010

della cabina. Per quanto questa configurazione fosse stata pensata per ovviare al problema del foro nel terreno, necessitava di molto spazio per ospitare i vari macchinari e richiedeva un alto livello di manutenzione.

Per poter ovviare a queste difficoltà sono state sviluppate altre configurazioni classificate come ascensori idraulici indiretti (*holeless*) o indiretti a funi (*roped hydraulic*).

Negli ascensori *holeless*, l'azione del pistone sulla cabina avviene indirettamente, come mostrano le prime due configurazioni in Figura 8. Nel primo caso (**Figura 8, lettera a**) vengono utilizzati due pistoni, collocati su due lati opposti del vano. I pistoni sono collegati ad una traversa superiore dell'intelaiatura metallica all'interno della quale si trova la cabina. Questa soluzione è particolarmente indicata per cabine e carichi pesanti.

Nel secondo caso (**Figura 8, lettera b**) il pistone è collocato lateralmente e collegato alla cabina tramite un'intelaiatura ad L, detta anche a sella. In entrambe le raffigurazioni i pistoni sono di tipo telescopico.

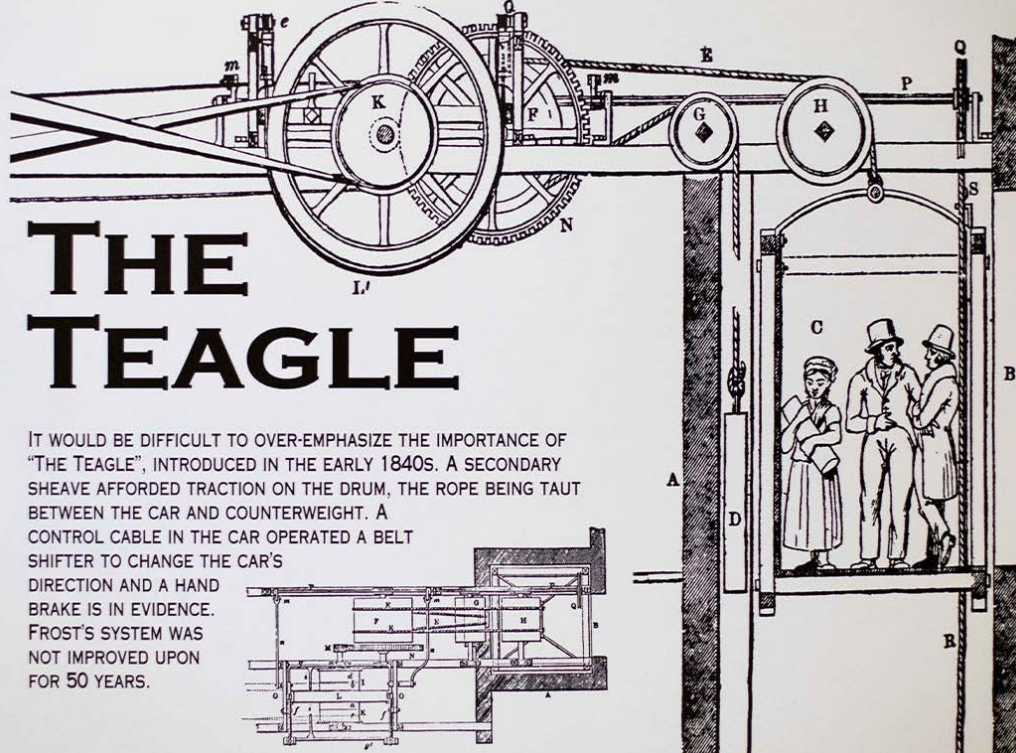
Gli ascensori idraulici indiretti a funi (**Figura 8**), invece, montano sulla parte superiore del pistone, o dell'ultima sezione nel caso di quelli telescopici, una puleggia attorno alla quale viene fatta scorrere una fune che collega la cabina alla parte inferiore del pistone, alla base del vano di corsa. Questo tipo di configurazione è anche detta in taglia 2:1, perché, grazie alla mediazione della fune, la cabina può servire tragitti due volte più lunghi dell'estensione massima del pistone (Paolelli 1994).

Soprattutto nel caso degli ascensori idraulici indiretti gli spazi di pertinenza sono relativamente ridotti dato che la maggior parte degli elementi costitutivi deve essere inserito all'interno del vano di corsa.

L'ascensore idraulico, sin dalle primissime applicazioni, ha riscontrato un grande successo nei primi edifici alti, tanto che stando a Strakosch<sup>7</sup> *“it served practically all the 10- to 12-story buildings from the 1880 to 1900era”*<sup>8</sup> (Strakosch e Caporale 2010).

<sup>7</sup> George R. Strakosch, presidente e fondatore della propria azienda di consulenza di traffico verticale, è stato direttore tecnico della rivista di settore Elevator World.

<sup>8</sup> “[gli ascensori idraulici] hanno servito in pratica tutti gli edifici di 10-12 piani di altezza che sono stati realizzati dal 1880 al XX secolo”.

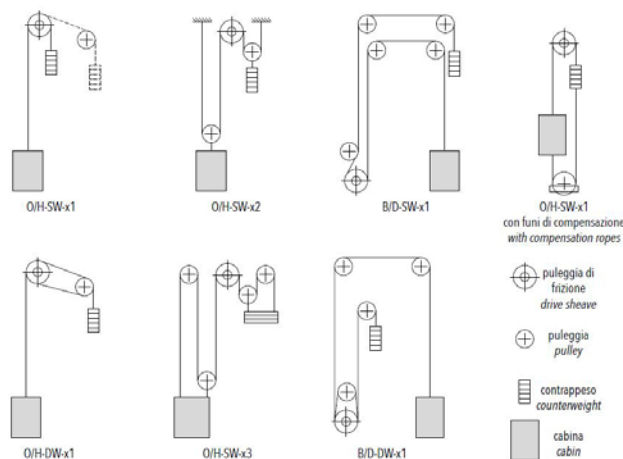


*Figura 9: Il sistema Teagle progettato da William Strutt per la sua fabbrica di North Mill nel Derbyshire.  
Fonte: Gray L. E. 2014*

Con l'introduzione dei motori elettrici, gli ascensori idraulici vennero dapprima affiancati e pian piano sostituiti dagli ascensori a trazione, in grado di viaggiare a velocità maggiori e per lunghezze più estese. Tuttavia, negli ultimi anni, si sta registrando un ritorno dei dispositivi idraulici. Spesso, infatti, vengono applicati in situazioni di recupero in edifici già realizzati in cui si vede la necessità di inserire un impianto di sollevamento per vari motivi (Elevator World, 2017).

### 1.3.2 L'ascensore elettrico a trazione

Il concetto di sollevamento per trazione è da sempre stato utilizzato nella storia, portando a continui miglioramenti e progressi. Una primissima configurazione di ascensore a trazione è il cosiddetto Teagle utilizzato in Inghilterra nel 1854 circa. Come si vede dalla rappresentazione riportata in **Figura 9**, la cabina è collegata ad un contrappeso tramite una fune che si avvolge attorno ad una puleggia di trazione (Strakosch e Caporale 2010). Nel caso del Teagle la cabina viene



*Figura 10: Alcune possibili configurazioni degli impianti a fune con pulegge di rinvio.*

*Legenda:*

*O/H in testata/overhead  
 B/D in basso/bottom drive  
 S/W avvolgimento singolo/single wrap  
 D/W doppio avvolgimento/double wrap*

*xn fattore taglia/roping factor*

*Fonte: Trabucco et al., 2018*

letteralmente guidata utilizzando la corda di manovra all'interno della cabina.

Il principio alla base del moderno ascensore elettrico a trazione è essenzialmente invariato, salvo per le modalità di guida della cabina, oggi completamente automatizzata. La cabina, inserita in un vano corsa, è collegata ad un contrappeso attraverso dei cavi metallici di trazione che scorrono attorno ad una puleggia collocata immediatamente al di sopra del vano di corsa. Il sistema sfrutta l'attrito che si viene a creare tra le funi metalliche di trazione e la puleggia che, a tal scopo, viene anche sagomata creando degli alloggiamenti per le funi in acciaio.

Inoltre, il peso dei due carichi (cabina e contrappeso) assicura che le funi rimangano alloggiati in questi alloggiamenti della puleggia. Per aumentare l'attrito, quando le velocità di moto sono elevate e i carichi molto pesanti, le funi vengono rimandate anche ad una seconda (o terza) puleggia, chiamata appunto di rinvio. Sebbene questo tipo di configurazione richieda molto spazio e macchinari più ingombranti, risulta utile per ridurre il deterioramento delle funi che, per quanto metalliche, sono sottoposte a grandi sforzi e sollecitazioni costanti.

Il contrappeso, appeso all'estremità opposta della fune, ha un ruolo fondamentale perché serve a bilanciare il sistema, riducendo la quantità di energia necessaria per azionare e muovere la cabina. Oggi, la rotazione della puleggia, e quindi di tutto il processo di sollevamento, viene innescato grazie ad un motore elettrico.

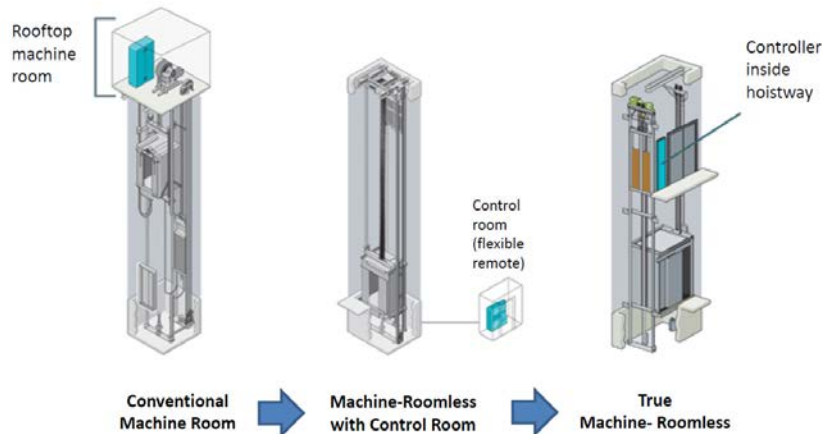
Sebbene i vari elementi costituenti saranno trattati in seguito nel dettaglio, si vuole anticipare che sia la cabina che il contrappeso si muovono lungo delle guide fisse per garantire traiettorie rettilinee ed evitare oscillazioni tra i vari elementi (Linguiti 1991). Le prime applicazioni degli ascensori a trazione negli edifici alti risalgono ai primi anni del 1900, quando gli edifici cominciarono a raggiungere anche i 30 piani di altezza.

In breve tempo, il sistema a trazione venne poi ulteriormente migliorato con l'introduzione dei sistemi gearless, che permisero corse molto più estese e velocità maggiori, poiché *“in geared machines, the electric traction motor drives a reduction gearbox whose output turns a sheave over which the rope passes between the car and the counterweights. In contrast, in gearless elevators, the drive sheave is directly connected to the motor, thereby eliminating gear-train energy losses”*<sup>9</sup> (K. Al-Kodmany 2015). Gli impianti geared richiedono una minor quantità di energia per attivare il moto ma, allo stesso tempo, possono raggiungere velocità limitate, fino ad un massimo di 2-2,5 metri al secondo. I dispositivi gearless, invece, possono raggiungere velocità nettamente superiori (Ascher 2011).

Gli impianti gearless hanno alleggerito considerevolmente la macchina ascensore e hanno anche permesso di migliorare il servizio nel suo complesso, facilitando, grazie ai motori elettrici a corrente alternata, le fasi di decelerazione accelerazione, calibrando meglio la sosta al piano e il servizio in generale (Strakosch e Caporale 2010).

<sup>9</sup> *“nelle macchine geared, il motore elettrico a trazione aziona un gruppo riduttore a sua volta collegato ad una puleggia sulla quale passa la corda che collega la cabina e il contrappeso. Negli elevatori gearless, invece, la puleggia di trasmissione è direttamente collegata al motore, eliminando così le perdite di energia del gruppo ingranaggi”*





**Figura 11:** Sulla sinistra un impianto convenzionale con locale macchine collocato sulla cima del vano di corsa. Sulla destra due alternative di impianti MRL, quello al centro delocalizza il macchinario di controllo in un'altra parte dell'edificio, quello più a destra, invece, permette l'installazione del macchinario all'interno del vano di corsa.

Fonte: Al-Kodmany, 2015

### 1.3.3 Gli ascensori Machine Room Less

Sia gli ascensori oleodinamici che quelli elettrici possono rientrare nella categoria degli elevatori definiti dall'acronimo inglese MRL, che sta per Machine Room Less. Come suggerisce il nome, si tratta di impianti che non richiedono la presenza di una sala macchine convenzionale, collocata cioè al di sopra del vano di corsa e al cui interno si trovano alcuni degli elementi più ingombranti di un impianto ascensore, come motore, sistema di controllo, pulegge principali e di rinvio. Negli impianti MRL i sistemi di comando e controllo dell'elevatore sono molto più compatti di quelli convenzionali (anche chiamati Machine Room - MR) e possono essere posizionati in altri punti dell'edificio (Trabucco, et al., 2018). Esistono tre diverse alternative di elevatori MRL, a seconda di dove viene ricollocato il macchinario di controllo (Fornasari 2014):

- Impianti il cui macchinario è contenuto integralmente all'interno del vano ascensore;
- Impianti il cui macchinario è integralmente ricollocato nei locali comuni dell'edificio;
- Impianti in cui il macchinario di controllo è collocato parzialmente nel vano ascensore e parzialmente nei locali comuni dell'edificio.

La **Figura 10** propone un confronto tra un impianto convenzionale MR, quello rappresentato sulla sinistra, e due diverse tipologie di impianti MRL. Il primo dove il macchinario viene ricollocato all'esterno del vano ascensore in locali dell'edificio e, la rappresentazione più a destra della figura, un impianto dove il macchinario di controllo è interamente collocato all'interno del vano di corso, in questo specifico caso in sommità ma ci possono essere anche altre soluzioni.

Gli impianti MRL sono indicati in edifici di bassa o media altezza e in progetti di recupero. Interessante sapere che, sebbene la tecnologia MRL sia stata introdotta in America già verso la fine del Ventesimo secolo, i requisiti vennero per poterla utilizzare negli edifici vennero inclusi nella normativa di riferimento per il Nord America (*North American model elevator code – ASME A17.1/CSA B44 Safety Code for Elevators and Escalators*) solo nel 2005, fino a quel momento le installazioni dovevano essere approvate dalla normativa locale (ele-

veditor 2016).

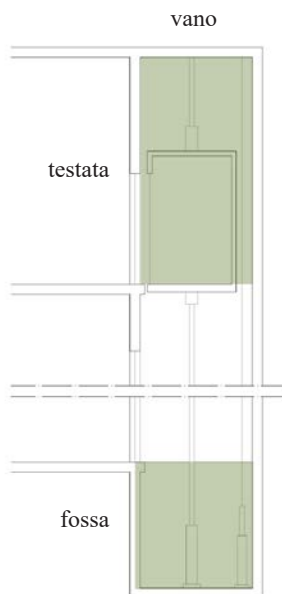
I primi ascensori MRL raramente venivano utilizzati in edifici oltre i 30 piani perché rendevano di più, sia in termini di prestazioni che economici, in edifici medio-bassi (Ascher 2011). Gli impianti, tuttavia, sono stati costantemente migliorati, si pensi, per esempio che nel 2018, Otis ha presentato il nuovo Gen2, dispositivo MRL, progettato per edifici con una corsa fino a 150 metri o 50 piani che può raggiungere una velocità massima di 3,5 metri al secondo (Otis Elevator Company 2018).

Poter fare a meno del locale macchine riduce l'ingombro globale dell'impianto di sollevamento a favore dello spazio utile, che potrebbe essere quindi utilizzato dai progettisti in altro modo.

## 1.4 Elementi costituenti

Gli elementi costituenti e gli spazi di pertinenza di un impianto di sollevamento vengono presentati singolarmente. Lo scopo non è quello di scendere nel dettaglio di ognuno, non essendo questo l'obiettivo di questa ricerca, quanto piuttosto di capire quali sono le parti essenziali per il corretto funzionamento di un ascensore per passeggeri. Si cercherà sempre di integrare la trattazione delle varie parti di ascensori convenzionali con alcuni requisiti specifici per gli impianti installati in edifici alti. Infatti, sebbene gli elementi che definiscono un impianto di sollevamento siano sempre gli stessi, le caratteristiche peculiari del tipo edilizio dell'edificio alto hanno richiesto, in passato e ancora oggi, delle attenzioni specifiche e delle precauzioni diverse. Questa parte di trattazione, per quanto possa sembrare nozionistica, è importante per comprendere le relazioni tra un edificio e un impianto di sollevamento.

<sup>10</sup> Solitamente il vano di corsa è circoscritto da murature in calcestruzzo armato. Tuttavia, in alcune installazioni, si pensi per esempio ad ascensori vetrati panoramici, la struttura portante massiva può essere sostituita da una intelaiatura metallica. La scelta dipende sia dal progetto sia delle normative vigenti.



**Figura 12:** La figura indica schematicamente le varie parti che costituiscono un vano di corsa.

### 1.4.1 Il vano di corsa

Con vano di corsa si intende lo spazio di pertinenza dell'ascensore all'interno del quale viaggia la cabina. È un cavedio verticale, vuoto, circoscritto da elementi di sostegno<sup>10</sup>, al cui interno viene installata la maggior parte degli elementi necessari al corretto funzionamento del dispositivo (guide metalliche, cabina, contrappeso, sistemi meccanici di sicurezza, ecc.). Data la sua funzione di contenere e di separare quello che c'è all'interno dello spazio che circoscrive dall'esterno, in alcuni casi è stato chiamato anche "involucro" (Lione 1998). La lunghezza del vano di corsa dipende dall'estensione del tratto da servire e vengono create delle aperture solo in corrispondenza dei piani di sbarco previsti. Infatti, non è detto che la cabina contenuta all'interno di un vano di corsa effettui servizio di fermata a tutti i piani, in tal caso gli elementi murari che lo costituiscono non vengono forati in previsione dell'inserimento delle porte di piano.

Nella sua estensione verticale si individuano tre sezioni differenti che, come si può vedere in **Figura 12**, sono: fossa, vano e testata. Ogni area, per quanto appartenente ad uno stesso elemento, ha funzioni e peculiarità differenti.

Il vano, la porzione centrale, si estende in lunghezza tra la più bassa e

più alta fermata che il vano di corsa deve servire. Nella sua estensione non viene mai interrotto e, dove necessario, viene forato per prevedere l'installazione delle porte di piano, garantendo così il servizio a quello specifico livello.

La sezione di vano che si trova al di sopra del piano di calpestio del più alto livello servito è la testata. Come chiarisce la figura, si indica con "testata" lo spazio che va dal piano di calpestio dell'ultimo piano servito dalla cabina all'intradosso del solaio che chiude il vano di corsa (Linguini 1991). Lo spazio libero della testata meno l'ingombro della cabina viene chiamato extra corsa. Si tratta di un'estensione dell'ingombro del vano di corsa oltre all'altezza dell'ultimo piano servito ed è concepito per varie funzioni, soprattutto ai fini della sicurezza.

Per prima cosa, essendo chiuso in sommità da un vero e proprio solaio crea uno spazio delimitato che, anche in caso di incidente o di rottura di parti dell'impianto, funge da contenitore trattenendo all'interno tutti gli elementi. L'altezza della parte di extra corsa viene calcolata sulla base della velocità di regime a cui viaggia la cabina installata all'interno del vano, rappresenta uno spazio aggiuntivo di frenata nel caso in cui, per esempio, la cabina superi la velocità stabilita per un malfunzionamento. In alcuni impianti vengono anche previsti dispositivi per trattenere la cabina, o il contrappeso, sospesa in alto. Per esempio per permettere ad un operatore di intervenire in altri punti all'interno del vano di corsa. Questo capita soprattutto negli impianti oleodinamici dove la cabina viene assicurata in alto.

La sezione inferiore del vano di corsa, quella che va dal piano di calpestio dell'ultimo piano servito fino al fondo del vano, si chiama fossa. Anche in questo caso, come sopra, si tratta di un'estensione del vano di corsa. Le guide metalliche che assicurano lo scorrimento rettilineo sia della cabina che del contrappeso o, nel caso di ascensori idraulici, il cilindro contenente il pistone vengono installati nella fossa del vano di corsa, per poi proseguire in altezza lungo le pareti. Inoltre, all'interno della fossa vengono installati ammortizzatori (meccanici o idraulici) che vengono scelti, progettati e dimensionati a seconda della tipologia di impianto di sollevamento (a trazione o idraulico) e in funzione della velocità (DPR 268/94) (UNI EN 81-2:2010).

Inoltre, lo spazio in esubero che viene lasciato vuoto, sia in testa che in fossa, deve essere sufficiente per permettere ai manutentori di intervenire o di raggiungere più facilmente alcuni componenti durante le verifiche periodiche ed avere un'ulteriore misura di sicurezza qualora qualcuno rimanga all'interno del vano ascensore. Anche l'accesso a tali spazi, concesso solo agli operatori, deve essere progettato secondo le indicazioni date dalle normative vigenti, per limitare al massimo i possibili rischi.

Nel caso di edifici alti, solitamente, i vani di corsa vengono a loro volta inseriti all'interno del *service core*, insieme a scale di emergenza, cavedi impiantistici, in alcuni casi i bagni, e in generale tutti gli elementi e spazi di servizio che servono per far funzionare correttamente l'edificio. La configurazione e la dimensione del *service core* variano da edificio ad edificio, in base alla destinazione d'uso e alle

dimensioni. Il vano di corsa può estendersi lungo tutta l'altezza di un edificio, trattandosi di uno spazio vuoto circoscritto da elementi murari. L'ascensore, invece, non è in grado di servire altezze infinite, ma ha dei limiti stabiliti, come si vedrà, dagli elementi costitutivi stessi.

In alcuni casi, a seconda delle esigenze di progetto, il vano di corsa può anche essere completamente trasparente. In questo caso si parla di ascensori panoramici perché i passeggeri all'interno della cabina, resa anch'essa trasparente per lo meno in alcune sue parti, possono avere la percezione dello spazio che li circonda. Questi vani di corsa possono essere rivolti sia verso l'esterno, collocandosi quindi lungo il perimetro dell'edificio, o verso l'interno.

### **1.4.2 Il locale macchine**

Il locale macchine è quello spazio destinato a contenere tutti i dispositivi e le apparecchiature elettromeccaniche o oleodinamiche necessarie per il funzionamento di un ascensore elettrico a funi, nel primo caso, o un impianto idraulico nel secondo caso.

L'ingresso in tale locale è consentito solo ed esclusivamente al personale tecnico specializzato per interventi di manutenzione ordinaria o straordinaria all'impianto. Anche per questo motivo, l'area di accesso deve essere separata e distinta dal resto dell'edificio.

Nel caso di impianti di sollevamento a trazione convenzionali, nella maggior parte degli edifici il locale macchine si trova sul tetto dell'edificio, quindi all'esterno, e consiste in un ambiente chiuso, ma areato, collocato sopra il vano di corsa degli ascensori. In questo primo caso il locale macchine collocato in copertura deve essere previsto da progetto sin dalle primissime fasi. Sia per una questione architettonica formale, sia da un punto di vista strutturale. Infatti, i macchinari contenuti all'interno del locale hanno carichi importanti che devono essere tenuti in considerazione durante le fasi di dimensionamento strutturale e di scelta delle soluzioni tecniche da adottare. Nel caso in cui, in un impianto a funi, il locale macchine venga collocato in basso sono necessari alcuni accorgimenti tecnici per permettere al sistema di funzionare. È necessario, infatti, installare delle pulegge aggiuntive di deviazione in basso e altre di rinvio in alto, creando quindi la necessità di un ulteriore locale, quello delle pulegge di rinvio, al di sopra del vano e che deve possedere le stesse caratteristiche di quello alla base. In alcuni casi è possibile inserire le pulegge di rinvio nello spazio della testata, solo se appositamente progettata, in modo da raggiungere gli standard di sicurezza necessari.

Se si decide di optare per impianti idraulici il locale macchine può essere collocato alla base del vano ascensore, in un locale areato adiacente e accessibile solo al personale autorizzato. Altre situazioni il locale macchine può essere collocato in quelli che vengono chiamati spazi o piani tecnici. Deve comunque essere distinto dal resto dello spazio ed essere areato.

Al suo interno non possono essere collocati altri dispositivi o strumentazioni che non siano necessari per il funzionamento dell'impianto di sollevamento. Ovviamente, la progettazione e l'organizzazione interna del locale sono soggetti alla normativa stringente che determina

dimensioni minime, spazi di lavoro da rispettare e collocazione stessa delle varie apparecchiature. La superficie del locale macchine dipende dal tipo di impianto utilizzato ed è soggetta a normative stringenti che non solo indicano quale sia la corretta collocazione degli impianti meccanici contenuti ma fornisce le dimensioni minime ottimali per gli spazi di lavoro, le dimensioni delle superfici di areaazione e così via.

Infine, volendo ovviare alla presenza del locale macchine si può ricorrere all'utilizzo di dispositivi *Machine Room Less* che, come si è visto prima, richiedono spazi molto ridotti per i dispositivi di controllo che possono essere ricollocati all'interno o all'esterno del vano di corsa.

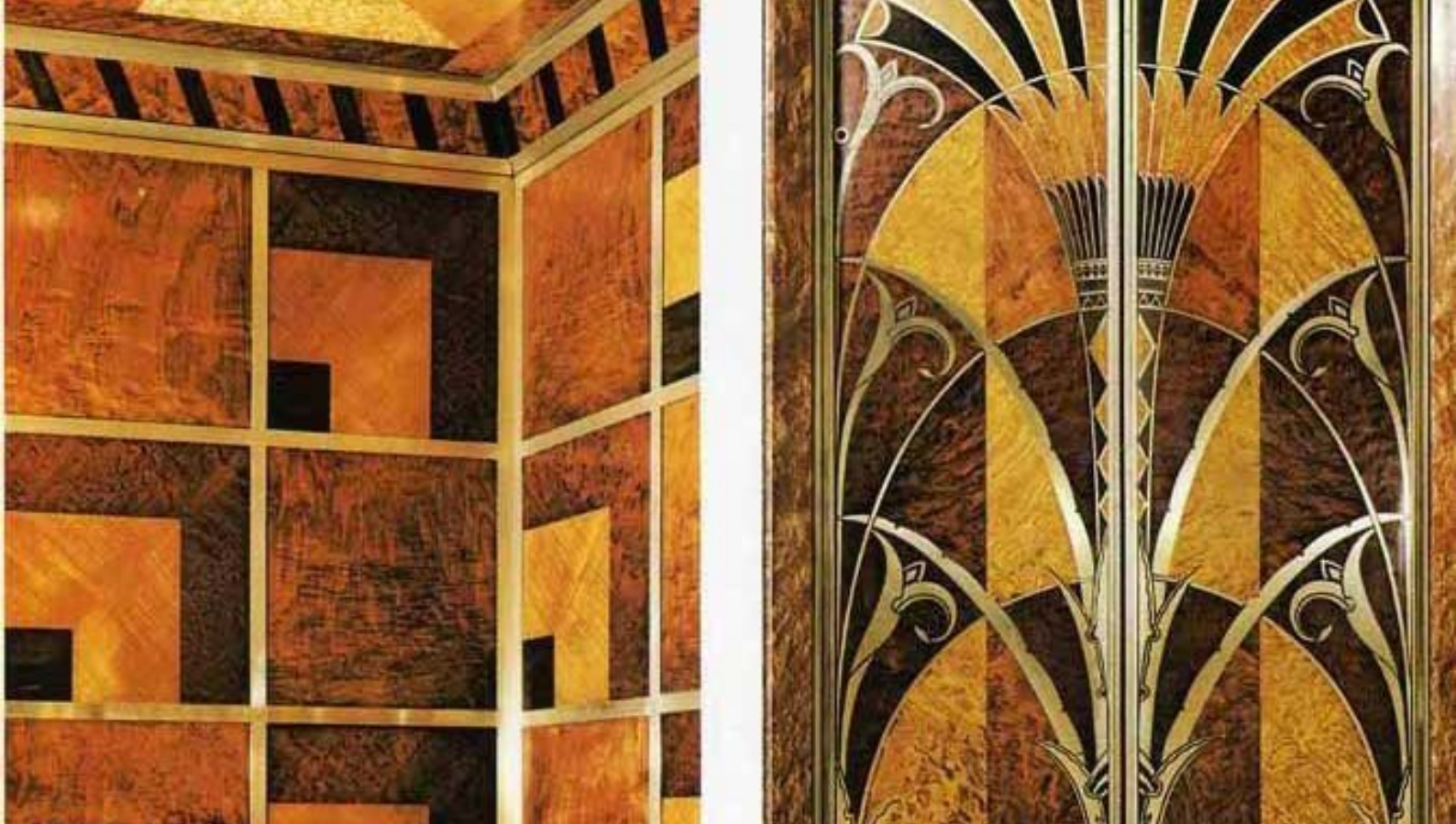
### 1.4.3 Le porte di piano e le porte di cabina

Le porte sono elemento fondamentale del sistema ascensore, in particolar modo per la sicurezza dei passeggeri o dei carichi che vengono trasportati. Prima di proseguire occorre fare una precisazione. In un impianto di sollevamento esistono due tipi di porte: le porte di piano e le porte di cabina. Le prime sono installate, come dice il nome, al piano in corrispondenza delle aperture previste lungo il vano ascensore e solo dove è previsto che la cabina si fermi per effettuare il servizio. Le seconde, invece, sono integrate alla cabina. Spesso, i passeggeri non hanno la percezione della presenza di un doppio livello di porte perché sono progettate per muoversi insieme. Infatti, quando la cabina arriva al piano da servire, le porte di cabina aprendosi si agganciano a quelle di piano e si aprono, o chiudono, all'unisono. La porta di cabina è agganciata superiormente ai carrelli ad un meccanismo operatore che le movimentata e inferiormente ai pattini di scorrimento che si muovono nei solchi della soglia della cabina. Il meccanismo operatore è dotato di un motore proprio e serve appunto a far scorrere le ante e permettere l'uscita o l'ingresso dei passeggeri. Tale sistema è inoltre dotato di un sensore che evita lo schiacciamento delle persone che transitano sulla soglia della cabina mentre le porte si stanno chiudendo. Infine, il meccanismo operatore è progettato per attivare un sistema di abbinamento in corrispondenza di ogni piano: le porte di cabina agganciano quelle di piano permettendone l'apertura o la chiusura.

Il tempo di apertura e chiusura delle porte è un fattore importante nel dimensionamento di un impianto di sollevamento, soprattutto quando questo deve garantire prestazioni di servizio elevate e la massima efficienza possibile. La durata di queste fasi può e deve essere calibrata in base alla tipologia di impianto e, soprattutto, alla destinazione d'uso dell'edificio in cui è inserito l'impianto, sulla base della categoria di utenza.

### 1.4.4 La cabina

La cabina è l'unico elemento di un impianto ascensore visibile ai passeggeri e agli utenti in generale. Da un punto di vista tecnologico si tratta di una intelaiatura metallica rifinita internamente a seconda delle



*Figura 13: Un esempio degli intarsi lignei applicati alle porte e alle rifiniture interne delle cabine del Chrysler Building di New York.*

*Fonte: Denise Gannalo, flickr*

esigenze e delle peculiarità del progetto. Le soluzioni di finitura, infatti, sono praticamente infinite, passando da boiserie riccamente intarsiate in legno fino alle cabine completamente trasparenti delle soluzioni più recenti. Nei primi grattacieli, per esempio, erano semplici gabbie metalliche inserite, a loro volta, in un vano di corsa metallico che permetteva di vedere all'esterno. Si trattava però di impianti con corse limitate e velocità contenute. Con l'aumentare delle esigenze e delle prestazioni richieste sono diventate spazi completamente chiusi all'esterno e rifinite con materiali ed elementi che richiamassero lo stile del progetto.

Oltre alle finiture, le cabine devono presentare una serie di prescrizioni definite dalle norme in termini di dimensioni, prestazioni e requisiti di sicurezza e utilizzo. Non è infatti un caso che il solo progetto della cabina costituisca il 10-15% del costo complessivo di un impianto. Tale percentuale aumenta sensibilmente quando il progetto della cabina esce dagli standard cercando una certa originalità e qualità nel trattamento delle finiture (Cottardo 2008). Gli effetti che l'esperienza del viaggio all'interno di una cabina ascensore può causare sui passeggeri sono costantemente oggetto di studio. Dalle soluzioni formali (presenza di specchi per allargare lo spazio) alle precauzioni tecnologiche (la possibilità di comunicare con l'esterno con un operatore) sono elementi fondamentali e richiesti da progetto. Oggetto di studio sono spesso anche i comportamenti e le relazioni che si instaurano (o no) durante l'utilizzo dell'ascensore.

All'interno delle cabine, inoltre, il passeggero deve trovare un sistema di interfaccia (pulsantiera, schermo digitale, ecc.) chiara e immediatamente comprensibile da utilizzare per indicare il piano di destinazione oppure segnalare una condizione di allarme e pericolo richiedendo quindi l'intervento e poter comunicare con un operatore in caso di necessità. Di recente, in alcuni dispositivi è prevista la possibilità non



**Figura 14:** Un esempio in cui è stato predisposto una soluzione per facilitare la discesa degli operatori o la salita dei passeggeri in caso di necessità.

Fonte: Martina Belmonte

solo di parlare con un operatore ma di poter avviare una video chiamata grazie alla presenza di uno schermo all'interno della cabina.

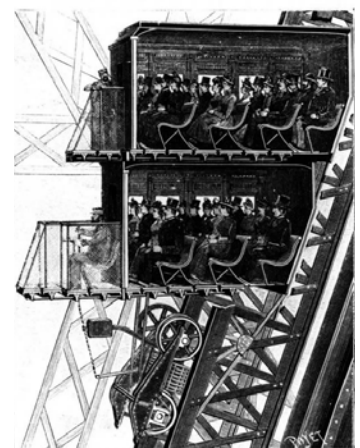
Il progetto della cabina deve prevedere la possibilità di permettere al personale autorizzato di raggiungere i passeggeri eventualmente rimasti intrappolati all'interno, magari per un malfunzionamento dell'impianto. Questo può avvenire tramite l'apertura delle porte di cabina, nel caso in cui la cabina si sia fermata in corrispondenza di un piano dell'edificio, o, solitamente dall'alto. Gli operatori, infatti, possono entrare da un livello superiore all'interno del vano di corsa, calarsi fino al tetto della cabina e entrare attraverso una piccola botola per raggiungere, soccorrere e recuperare i passeggeri.

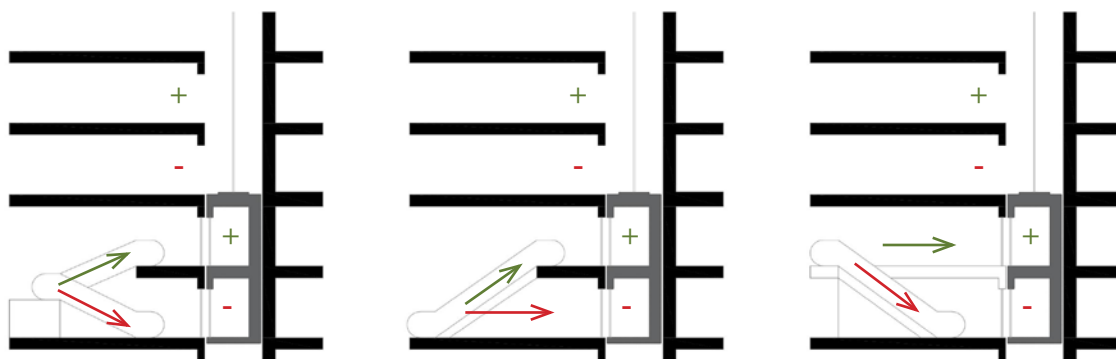
Inoltre, la cabina e la struttura che la sostiene devono avere dei requisiti di resistenza elevati, come da norma, sebbene il rischio effettivo che la cabina cada perché non più sostenuta da funi e pistoni è scongiurato dai numerosi livelli di sicurezza applicati. Fondamentale per la stabilità e la resistenza della cabina è l'intelaiatura metallica, detta anche arcata, in cui viene inserita e che funge da elemento di collegamento con le guide metalliche verticali, installate per l'intera lunghezza del vano di corsa. L'arcata può essere di due differenti tipologie:

- Arcata a sedia o a zaino costituita da due montanti verticali, una traversa superiore ed una inferiore solidale con il pianale della cabina. In questo caso le guide si trovano lungo uno solo dei lati del vano di corsa e questa tipologia di arcata si può utilizzare sia negli impianti a fune sia in quelli oleodinamici.
- Arcata a sella costituita da due montanti verticali, una traversa superiore su cui vengono installate le funi, e una traversa inferiore in cui è integrato il sistema di sicurezza chiamato a paracadute. In questo caso le guide necessarie si trovano sui due lati opposti del

**Figura 15:** Gli ascensori a due piani installati nella Tour Eiffel che, oltretutto, seguono una traiettoria inclinata. Ogni piano della cabina era munito di sedute per garantire un certo livello di confort ai passeggeri che potevano osservare il panorama esterno dalle finestre presenti ai lati delle cabine. Due operatori azionavano e garantivano il corretto funzionamento del dispositivo.

Fonte: toureiffel.com





**Figura 16:** Schema esemplificativo delle modalità di utilizzo degli impianti double-deck al piano terra dove la lobby di accesso deve essere organizzata su due livelli collegati tra loro da scale mobili, o altri dispositivi.

Fonte: Strakosch e Caporale, 2010

vano di corsa ed è esclusivamente adatta agli impianti elettrici o idraulici indiretti a fune.

Negli edifici alti valutare il numero di cabine necessarie per gestire in modo efficiente il numero di passeggeri previsto è un'operazione fondamentale. Tale calcolo dipende da moltissimi fattori non sempre facili da tenere in considerazione, come si vedrà nel terzo capitolo, ma permette di valutare i requisiti del sistema di trasporto e, in poche parole, il numero di cabine necessarie. In un edificio alto servono solitamente molte cabine per poter raggiungere tutti i piani e spesso sono così tante che lo spazio loro dedicato riduce in modo considerevole quello servito, anche chiamato rentable floor area, essendo lo spazio utile da cui si ottiene un rendimento economico. Per ovviare a questo problema gli esperti di traffico verticale possono intervenire sulle strategie di distribuzione e sulle cabine stesse, al fine di renderle più capienti, riducendo così il numero totale. L'incremento della capienza può essere raggiunto o utilizzando cabine a due piani, cosiddetti *double-deck*, o progettando cabine molto grandi.

Per quanto riguarda le cabine double-deck si tratta effettivamente di cabine a due piani.

Nel 1889, quando venne completata, la Tour Eiffel disponeva un sistema di ascensori inclinati con cabine a due livelli, come si può vedere in **Figura 14**, per trasportare più passeggeri contemporaneamente. Gli ascensori erano idraulici e venivano alimentati tramite l'acquedotto cittadino. Successivamente, la prima applicazione di un sistema double-deck in un edificio alto è stata realizzata per il City Investing Building di New York nei primi anni del 1900 (Auvinen 2015).

I sistemi *double-deck* permettono di smaltire un maggior numero di passeggeri contemporaneamente occupando uno spazio minore, rispetto a due cabine. Tuttavia, vista la peculiarità della configurazione richiede maggiori attenzioni nell'organizzazione della lobby di ingresso al piano terra e nella circolazione interna ai vari piani.

Solitamente, la cabina inferiore serve i piani pari e quella superiore quelli dispari, riuscendo così a servire due livelli contemporaneamente (Strakosch e Caporale 2010). “[...] for local service Double Deck elevators must load and unload two decks simultaneously. In addition, Double Deck elevators require stairs or escalators in the main lobby

<sup>11</sup> “[...] per il servizio al piano si propone che gli ascensori double-deck debbano caricare e scaricare due livelli successivi contemporaneamente. Inoltre, gli ascensori double-deck richiedono scale mobili o scale al piano terra principale in modo che i passeggeri possano spostarsi tra i diversi livelli della lobby per raggiungere il piano di destinazione”

<sup>12</sup> Per massimizzare l'efficienza di un servizio, le cabine che servono gli stessi piani vengono solitamente unite in un gruppo o bank secondo differenti configurazioni. Si tenga presente che non è consigliabile superare le otto cabine in un unico gruppo.





*so that passengers can move between the lower and the upper level lobbies to get their destination floor*”<sup>11</sup> (Klan, Edgett e Armas 2012).

Parlando invece di cabine di dimensioni non convenzionali è utile citare quella progettata da Mitsubishi per la torre Umeda Hankyu di Osaka. La cabina misura 3,4 metri per 2,8 metri ed ha una capacità di 80 persone (Mitsubishi Electric Corporation 2010). Considerando quindi che l’edificio conta 5 di queste cabine, significa che il sistema di trasporto è in grado di spostare circa 400 persone nello stesso momento. Questi ascensori fungono da collegamento diretto tra il piano terra e un livello di scambio collocato al quindicesimo piano, dove i passeggeri possono scendere e utilizzare uno dei tre differenti gruppi di ascensori<sup>12</sup> che servono tre diverse porzioni dell’edificio per uffici (Anonimo 2010).

Simile approccio quello adottato per il sistema di trasporto verticale della torre Sumitomo Fudosan Roppogni Grand Tower di Tokyo dove gli ascensori, progettati da Toshiba, riescono a trasportare 90 passeggeri alla volta. Anche in questo caso, le cabine di 3,35 metri per 3,25 metri sono concepite per un servizio diretto tra la lobby di ingresso e la sky-lobby<sup>13</sup> al ventinovesimo piano, da cui partono i servizi al piano ai vari piani della torre (Elevator World Inc., 2014).

L’applicazione di cabine di maggiore capienza ha degli evidenti vantaggi nella gestione di elevati numeri di passeggeri, tuttavia, richiedono una attenta progettazione per poter essere inseriti in modo efficiente nel distributivo di un edificio. Inoltre, soprattutto nel caso dei sistemi *double-deck* l’informazione tra passeggero e dispositivo deve essere chiara e immediatamente comprensibile, per evitare confusione agli utenti che si troverebbero in difficoltà a raggiungere la propria destinazione.

#### 1.4.4 Le funi e il contrappeso

Le funi consentono di mantenere in sospensione le parti mobili, cabina e contrappeso, negli impianti a fune e nell’ascensore oleodinamico indiretto, dove fungono da connessione tra la cabina e il pistone. Inizialmente erano fatte di corde, catene metalliche a maglie parallele o rulli.

Oggi sono quasi esclusivamente costituite dalla combinazione di 6-8 trefoli in acciaio che da un lato garantiscono la resistenza necessaria a

<sup>13</sup> Il concetto di sky-lobby sarà presentato in seguito, per ora, basti sapere che si tratta di un piano di scambio collocato ad uno dei livelli superiori di un grattacielo, raggiunto dai passeggeri tramite un ascensore diretto, che non fa fermate intermedie tra la lobby di ingresso e tale livello, e dove gli utenti devono scendere per poter poi utilizzare un altro impianto ascensori per raggiungere la propria destinazione.

**Figura 17:** Una delle cabine installate nella torre Umeda Hankyu di Osaka da Mitsubishi Electric Corporation.

Fonte: Mitsubishi Electric Corporation

**Figura 18:** Le cabine della Sumitomo Fudosan Roppogni Grand Tower di Tokyo.

Fonte: elevator world, 2014

**Figura 19:** Fotografia di un contrappeso formato da fogli metallici impilati gli uni sugli altri.

Fonte: Wikipedia



sostenere i carichi loro appesi e, dall'altro, un grado di flessibilità sufficiente per arrotolarsi attorno alle pulegge.

Il dimensionamento delle funi dipende dal carico e dalla tipologia di impianto. Tuttavia, valgono due regole generali:

- A parità di sezione totale si devono preferire più funi di diametro ridotto abbinate tra loro piuttosto che meno funi di diametro maggiore.
- Per ragioni di sicurezza si installano sempre almeno due funi, entrambe in grado di sostenere l'intero carico in esercizio dell'impianto.

Per fissare le funi alle estremità che devono sostenere, quindi cabina e contrappeso, ci sono varie modalità in base alle esigenze e deve essere presente un sistema automatico per bilanciare ed uguagliare le tensioni tra le due funi. Come vedremo in seguito, un altro dispositivo monitora l'allungamento e la tensione delle funi e, nel caso in cui questi vengano meno, impone l'immediato arresto della cabina sorretta. La cabina è appesa ad un capo della fune, a quello opposto invece si trova il contrappeso. La funzione principale è quella di mantenere la fune in trazione e di facilitare lo scorrimento della cabina, riducendo il quantitativo di energia necessaria per muoverla, grazie al bilanciamento dato dal suo peso proprio. Il contrappeso si muove sempre nel verso opposto della cabina lungo le guide ad esso destinate che devono essere installate all'interno del vano di corsa. Il contrappeso può essere realizzato come unico blocco o come assemblaggio di più elementi, solitamente lastre in ghisa impilate all'interno di un telaio metallico. Il dimensionamento del contrappeso è dato dal peso della cabina sommato alla metà del carico della portata utile prevista, cioè del peso totale che la cabina può trasportare. Questo significa che la condizioni più sfavorevoli sono in salita con la cabina piena, in questo caso il motore deve lavorare alla massima potenza, o a cabina vuota in fase di discesa, quando cioè l'in-

#### ***pagina seguente***

**Figura 20:** Schindler Aramid, impianto in funi sintetiche che assicurano le stesse prestazioni di un cavo in acciaio ma con uno spessore quattro volte inferiore.

Fonte: Schindler

**Figura 21:** Le steel belts di Otis, proposte per il Gen2, un ascensore in cui ogni componente è stato riprogettato per poter avere le minori dimensioni possibili. Sulla destra una rappresentazione del Gen2 di Otis

Fonte: Otis

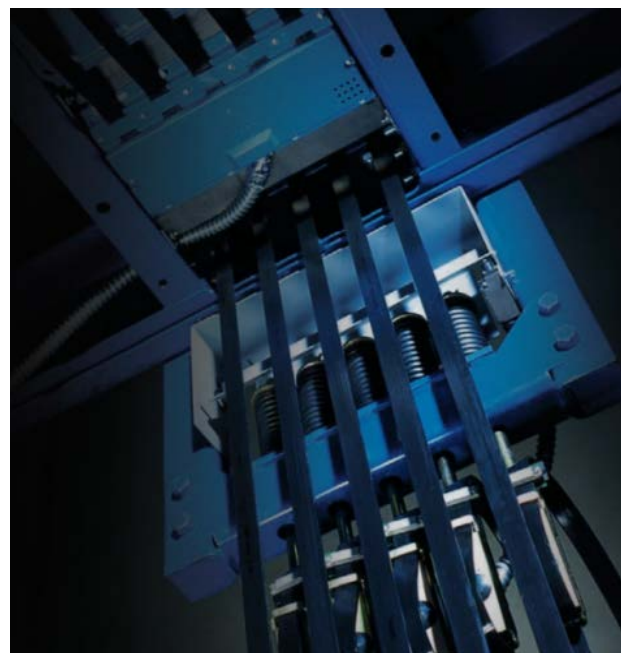
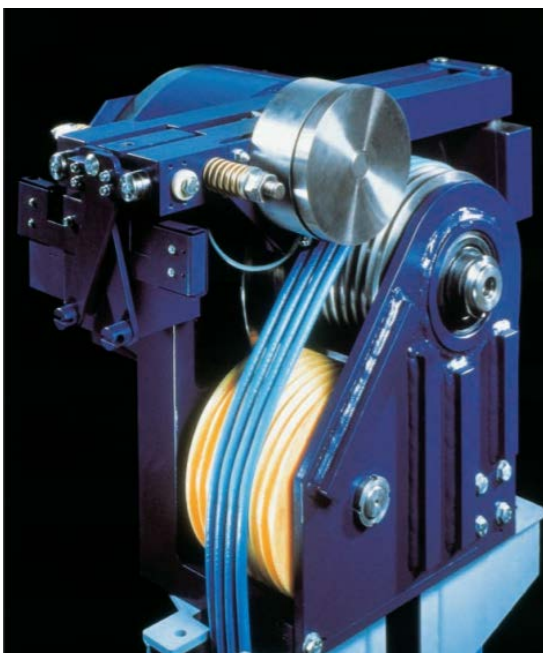
tero peso del contrappeso deve essere sollevato.

Le funi di trazione sono tra gli elementi che più condizionano il progetto di un ascensore. Se chiamati a percorrere tratti molto lunghi, per raggiungere quindi altezze elevate, le funi risultano talmente lunghe da pesare alcune tonnellate, correndo il rischio di rompersi perché non in grado di supportare il loro stesso peso. Si consideri che circa il 70% del peso complessivo del dispositivo ascensore viene imputato proprio alle funi di trazione.

Ad oggi, l'ascensore con la corsa continua più lunga al mondo è installato nella Shanghai Tower e copre una lunghezza pari a 578,55 metri (Council on Tall Buildings and Urban Habitat 2017). Non abbastanza, tuttavia, per raggiungere gli ultimi piani collocati a 800 metri dal suolo del Burj Dubai e nemmeno i piani più alti della futura torre più alta al mondo, che dovrebbe sfiorare il chilometro di altezza: la Kingdom Tower. Gli ascensori a propulsione nucleare proposti da F. L. Wright nel 1956 per servire tutti i 528 piani del suo Mile High Illinois (Wright 1963) sono probabilmente un'utopia, ma le aziende di settore stanno lavorando su possibili alternative, tra cui:

- Schindler che presenta nel 2000 il “world’s first fully synthetic elevator rope”: SchindlerAramid. Esso “consists of 300 000 individual filaments made from the synthetic material called aramid, is as strong as a steel rope but is four times as light. The smaller bending radius of the all-synthetic elevator rope allows use of smaller drives which can be accommodated in the elevator hoistway. This eliminates the need for a machine room, and increases the floorspace available to architects and building owners. However, SchindlerAramid also improves the safety of the elevator, since the all-synthetic ropes contain conductive carbon fibers which enable them to be permanently monitored electronically. Even the smallest

<sup>14</sup>“è costituito da 300.000 filamenti singoli in materiale sintetico chiamato Aramide, forte come una corda di acciaio, ma quattro volte più leggero. Il minore raggio di curvatura della corda di sollevamento completamente sintetica consente l'utilizzo di unità più piccole che possono essere sistemate nel vano di corsa dell'ascensore. Questo elimina la necessità di una sala macchine, e aumenta la superficie a disposizione di architetti e proprietari di edifici. Tuttavia, SchindlerAramid migliora anche la sicurezza dell'ascensore, dal momento che le corde sintetiche contengono fibre di carbonio conduttive che consentono loro di essere costantemente monitorati elettronicamente. Anche il minimo danno o usura viene rilevato automaticamente e comunicato al controllo dell'ascensore. Se necessario, questo porta l'ascensore alla fermata successiva e lo porta fuori dal funzionamento. Mediante monitoraggio remoto, viene notificato il centro di assistenza più vicino”.



**Figura 22:** UltraRope™ brevettato da KONE dove i cavi in acciaio vengono sostituiti da bande in fibre di carbonio. Dovrebbe essere applicato nella Jeddah Tower, attualmente in fase di costruzione

Fonte: KONE



<sup>15</sup>“fili d'acciaio stratificato e concentrici e riempiendo lo spazio tra gli strati con plastica”

<sup>16</sup>“A causa dei carichi estremi (1600 kg a 10 mps) e dei lunghi viaggi, gli ascensori devono essere equipaggiati con corde di filamento sintetico in fibra di carbonio KONE UltraRope”

*damage or wear is automatically detected and communicated to the elevator control. If necessary, this brings the elevator to the next stop and takes it out of operation. By means of remote monitoring, the nearest service center is notified”*<sup>14</sup> (Schindler 2000);

- Otis propone la Gen2 technology che mira alla massimizzazione dell'uso dello spazio dell'ascensore attraverso un design compatto e una serie di innovazioni tecnologiche. Fondamentale, tra queste, la sostituzione della fune in acciaio con *steel belts* costituite da cavi metallici ultrasottili contenuti all'interno di bande in poliuretano (Otis Elevator Company. s.d.);
- Mitsubishi nel 2012 propone invece *sflEX-rope* che aumenta la capacità di trazione usando “*concentric-layered steel wire and filled the gap between the layers with plastic*”<sup>15</sup> (Yoshida e Monozukuri 2012);
- KONE elimina invece i cavi in acciaio e li sostituisce con fibre di carbonio, molto più leggeri e resistenti. Abbattendo il peso dei cavi si riduce anche il peso complessivo del dispositivo che può quindi percorrere tragitti maggiori. Secondo KONE, infatti, grazie ad UltraRope gli ascensori di nuova generazione potranno seguire tracciati fino a 1000 metri di lunghezza senza essere mai interrotti (KONE 2013).

La prima installazione della tecnologia UltraRope sviluppata da KONE dovrebbe avvenire nella Jeddah Tower, che, una volta completata, taglierà il traguardo dei 1000 metri di altezza. Come descrive Fortune, la torre sarà attrezzata con i due osservatori più alti al mondo, rispettivamente a 630 e 638 metri di altezza, che saranno raggiungibili grazie a due ascensori double-deck diretti ad alta velocità e “*Because of the extreme loads (1600 kg at 10 mps) and long journeys, the elevators are to be equipped with KONE UltraRope carbon-fiber synthetic hoist ropes*”<sup>16</sup> (Fortune s.d.).

C'è poi un altro problema legato all'eccessiva lunghezza delle funi di trazione. In caso di terremoti o di forti raffiche di vento, che causano quindi una oscillazione della torre, anche le funi possono cominciare a vibrare e, nei peggiori dei casi, oscillare in modo consisten-

te (K. Al-Kodmany 2015a). Oltre al remoto rischio di rottura, se non controllate, le funi in oscillazione possono colpire le pareti del vano di corsa, intaccandone così la stabilità. Tale eventualità era stata registrata nelle torri gemelle, dove, a causa degli urti delle funi contro le pareti del vano, durante le oscillazioni, si erano formate vere e proprie crepe (K. Al-Kodmany 2015b). Limitare il più possibile questa eventualità è fondamentale per la tutela dei passeggeri e dell'integrità del progetto in generale. Oltre ad utilizzare guide e smorzatori, tale fenomeno può essere mitigato tramite dispositivi che non tentano di bloccarla ma di farla resistere, per così dire, all'oscillazione della torre in caso di terremoto. Tra questi, interessante il Passive Rope-sway Control Device proposto da Mitsubishi *"applies a magnetic force, called "negative stiffness" to the bottom end of the rope. This principle applies a force in the opposite direction against a normal spring's restoring force. The magnetic force of permanent magnets is used to amplify the swing of the rope terminal at the top of the car in accordance with the amplitude. The negative stiffness force acts in the same direction as the rope sway, increasing the sway amplitude at the rope terminal as if the terminal's position were unfixed. (A rope with one free end has a lower resonance frequency [the frequency at which it tends to sway] than a rope with two fixed ends.) As a result, the building and rope sway at different frequencies, so they do not resonate, and rope sway is greatly suppressed"*<sup>17</sup> (MITSUBISHI 2019).

Inoltre, le funi, per quanto in acciaio, sono sottoposte a costante usura per scorrimento e devono essere costantemente monitorate e soggette a manutenzione. Per quanto si tratti dell'elemento alla base del funzionamento di un ascensore, le funi sono anche il punto critico, il componente più fragile e limitante, di tutto il sistema di sollevamento.

## 1.5 I sistemi di sicurezza

In un impianto di sollevamento per passeggeri le precauzioni e i sistemi di sicurezza applicati sono numerosi. Il sistema paracadute, presentato da Otis e brevettato nel 1861, è stato il primo pensato per garantire la sicurezza durante le fasi di funzionamento del sistema. I racconti teatrali che riportano della dimostrazione del sistema di sicurezza con particolare trasporto sono in realtà scritture posteriori, così come le illustrazioni (si veda **Figura 23**) che ritraggono Otis nell'atto di tagliare la fune di trazione sotto gli occhi increduli degli osservatori: *"Otis stands in an open platform that begins to rise toward the ceiling of the cavernous hall [the fair was located in the New York's Crystal Palace Exhibition]. Powered by a chugging steam engine, a drum winds a rope that lifts the platform, steadied by vertical guide rails, about 30 feet. A counterweight eases the engine's burden by dropping as the platforms rises. Suddenly a knife-wielding assistant stationed above the machine slashes the rope raising the platform. The platform started to fall but then suddenly it halts and remained stationary!"*<sup>18</sup> (W. Ross 1995).

Per quanto questo sia accaduto oltre 160 anni fa, il principio alla base dei moderni sistemi di sicurezza è rimasto praticamente inva-

<sup>17</sup>*"applica una forza magnetica, chiamata "rigidità negativa", all'estremità inferiore della fune. Questo principio applica una forza nella direzione opposta rispetto alla direzione di ripristino di una molla. La forza magnetica dei magneti permanenti è usata per amplificare l'oscillazione dell'estremità della fune nella parte superiore della vettura, a seconda dell'ampiezza [di oscillazione]. La forza di rigidità negativa agisce nella stessa direzione dell'oscillazione della corda, aumentando l'ampiezza dell'oscillazione all'estremità della fune come se la posizione non fosse fissata. (Una corda con un'estremità libera ha una frequenza di risonanza più bassa [la frequenza alla quale tende a oscillare] di una corda con due estremità fisse.) Come risultato, l'edificio e la corda oscillano a frequenze diverse, in modo che non risuonino, e l'oscillazione della corda viene è considerevolmente ridotta"*

<sup>18</sup>*"Otis è in piedi su una piattaforma che sale verso il soffitto della sala cavernosa [la fiera si trovava all'interno dell'Esposizione del Crystal Palace di New York]. Alimentato da un motore a vapore, un tamburo avvolgeva una corda che solleva la piattaforma, stabilizzato da guide verticali, a circa 30 piedi di altezza [Circa 9 metri]. Un contrappeso riduce lo sforzo del motore scendendo mentre la piattaforma sale. Improvvisamente un assistente con un coltello posizionato sopra l'impianto taglia la corda di trazione della piattaforma. La piattaforma inizia a cadere, ma poi improvvisamente si ferma e rimane ferma!"*



**Figura 23:** Una delle tante rappresentazioni realizzate solo in seguito alla presentazione del sistema di sicurezza paracadute durante l'Esposizione Universale di New York.  
Fonte: Wikimedia

riato. Il paracadute è un sistema di frenata che si attiva quando la cabina supera una determinata velocità di discesa rispetto a quella di esercizio stabilita, il che potrebbe significare una rottura o un allentamento delle funi. Registrata tale anomalia i dispositivi di comando del paracadute attivano i cosiddetti organi di presa che si agganciano alle guide arrestando il moto della cabina, o del contrappeso. Il dispositivo di sicurezza, infatti, è installato su entrambi gli elementi mobili del sistema (Paoletti 1994).

Con il tempo e grazie agli avanzamenti tecnologici sono stati sviluppati differenti modalità di arresto, a seconda delle esigenze specifiche e delle prestazioni dell'impianto. Infatti, a seconda della velocità di esercizio dell'ascensore si possono installare:

- Paracadute a presa istantanea per velocità fino a 0,63 m/s;
- Paracadute a presa istantanea con effetto ammortizzato per velocità non superiori a 1 m/s;
- Paracadute a presa progressiva per velocità superiori a 1 m/s.

L'arresto, sia esso immediato o progressivo, avviene in modo meccanico. Gli organi di presa, installati sul paracadute della cabina e del contrappeso, in caso di azionamento spingono contro le guide per rallentare e arrestare la discesa degli elementi. Nel caso del paracadute istantaneo gli elementi di presa sono sagomati in modo da potersi incastrare perfettamente tra di loro, per bloccare all'istante la caduta della cabina o del contrappeso. Nel caso del paracadute istantaneo ma ammortizzato tale incastro viene smorzato dall'utilizzo di martinetti idraulici che rendono il processo di arresto più fluido. Il sistema a paracadute progressivo, invece, utilizza delle molle, installate lungo le guide e i cunei di bloccaggio. In caso di necessità le molle si attivano e fanno rallentare progressivamente la cabina o il contrappeso per attrito fino all'arresto totale (Fornasari 2014).

<sup>19</sup> Si faccia riferimento a DPR 1497/63 e DM 1635/79

Abbinato al paracadute viene anche installato il limitatore di velocità e la valvola limitatrice di velocità<sup>19</sup>. È un dispositivo di sicurezza che al di sopra di una velocità prestabilita da un'apposita taratura, comanda l'arresto del macchinario e, se necessario, provoca l'entrata in funzione del paracadute. Il limitatore di velocità si compone di una fune continua collegata a due pulegge in folle, una in cima e una alla base del vano di corsa. La fune è poi collegata tramite una leva collocata sul telaio della cabina che, in caso di attivazione, comunica direttamente con il sistema di paracadute installato, fermando quindi il moto. La valvola, invece, in caso di attivazione riduce il flusso dell'olio all'interno del pistone, portando la cabina a fermarsi (Trabucco, Giacomello e Alberti 2018). Questi sono i sistemi meccanici principali, che vanno ad intervenire direttamente sul funzionamento dell'impianto. Insieme a questi, si devono considerare tutte le precauzioni che riguardano direttamente i singoli elementi costituenti dell'impianto. Tra questi i sensori collocati in corrispondenza delle porte di piano e di cabina che rilevano l'eventuale presenza di un ingombro sulla soglia, evitando così la chiusura delle porte. In alcuni impianti vengono anche installati i rilevatori di carico massimo, per informare i passeggeri o gli utenti che è stato superato il peso consentito. Il sistema viene progettato per impedire la partenza fino a quando il carico non viene alleggerito. I sistemi di blocco e incastro delle porte di piano e di cabina che impediscono all'ascensore di muoversi se entrambe non sono completamente chiuse. Oggi, questa specifica fase avviene in modo automatico, mentre nei primi impianti erano gli utenti che dovevano preoccuparsi di chiudere correttamente la porta di piano e poi quella dell'ascensore per consentire il funzionamento dell'impianto, in caso contrario l'ascensore non avrebbe registrato la chiamata e non si sarebbe mosso.

Parlando del vano di corsa, come è già stato presentato in precedenza, devono essere previsti degli spazi extra, sia in sommità sia alla base del vano, attrezzati con sistemi di ammortizzamento dell'eventuale urto con la cabina o il contrappeso.

Nel caso degli edifici alti, prima che venissero installati questi sistemi di smorzamento della caduta, erano state proposte altre soluzioni tecnologiche interessanti. Tra queste la predisposizione per la creazione dei cosiddetti air-cushions. Si tratta di *“devices which locked rapidly, compressing air under, a falling elevator”*<sup>20</sup>. Tra i primi dispositivi di sicurezza, sviluppati da Otis, che sono stati abbinati al sistema di sicurezza a paracadute (Goldfield 2007). Il principio alla base è che *“during an elevator accident of any kind, the air cushions would cause a falling car to function like a loose-fitting piston within the elevator shaft, gradually bouncing to a stop on a pressurized volume of air, and so preserving the lives of the occupants trapped within”*<sup>21</sup> (Fenske 2008).

Un episodio interessante riguarda il Woolworth Building di New York dove, l'installazione di tali dispositivi è stata richiesta solo in un secondo momento, quando la costruzione dei vani di corsa degli ascensori era già stata completata. La soluzione proposta dai progettisti per risolvere in corso d'opera tale necessità fu quella di aumentare lo spessore dei muri dei vani e di rafforzare la resistenza delle porte di

<sup>20</sup> *“dispositivi che bloccato rapidamente, comprimendo l'aria presente al di sotto di un ascensore in caduta”*

<sup>21</sup> *“durante un incidente di qualsiasi tipo, i cuscini d'aria farebbero funzionare la cabina in caduta come un pistone, collocate nel pozzo di un vano ascensore, che rimbalzerebbe su un volume d'aria compresso in modo graduale, fino a fermarsi, preservando così la vita degli occupanti intrappolati”*

<sup>22</sup> *“le porte ordinarie non potevano sopportare la pressione generata sul fondo da una caduta, così lo spessore delle porte del vano, così come l'altezza di installazione dei cuscini d'aria, sono stati aumentati; l'aumento di peso delle porte è stato tale che è diventato poco pratico muoverle manualmente, per questo motivo è stato installato un sistema automatico.”*

<sup>23</sup> “sono così sicuri che di recente, quando un test è stato fatto presso l’Empire Building, una cabina contenente un cesto di uova è stata fatta cadere per venti piani e quando è stato controllata, una volta raggiunto il suolo, si è scoperto che non un uovo era stato danneggiato”

piano: “[...] ordinary doors could not withstand the pressure generated at the bottom by such a drop, so the thickness of the enclosure doors, as well as the height of the air-cushions, were increased; the increase in weight of the doors was such that it became unpractical to work them by hand and we installed an automatic system”<sup>22</sup> (B. 1917). L’articolo riporta anche un altro episodio a proposito di un test di affidabilità fatto per gli air-cushions installati invece nell’Empire State Building: “[...], are so safe that recently, when a test was made at the Empire Building, a car containing a basket of eggs was allowed to drop twenty floors and when it was checked in its downward flight by the air-cushions, it was found that not an egg had been injured”<sup>23</sup>. Gli air-cushions nel Woolworth, invece, vennero testati di notte e simulando una condizione di pieno carico della cabina, i risultati furono soddisfacenti e decisamente incoraggianti, come viene riportato in un articolo dedicato nel *Compressed Air Magazine* del 1914 (Anonimo 1914).

Infine, sebbene non siano oggetto di studio specifico per questa ricerca, si ritiene utile fornire alcune informazioni riguardo gli ascensori antincendio e cosa succede in casi di emergenza. In primo luogo, durante un evento come potrebbe essere un terremoto o un incendio, l’utilizzo degli ascensori è assolutamente vietato. In caso di terremoto il rischio è che le funi si spezzino a causa dell’oscillazione e che gli elementi all’interno del vano di corsa di scontrino contro le pareti.

Nel caso di un incendio, invece, l’utilizzo degli ascensori è vietato per non facilitare la propagazione di fumi e fiamme, dato che i vani di corsa potrebbero fungere da camini di diffusione vista la loro conformazione. Tuttavia, l’idea di prevedere che alcuni ascensori dell’impianto potessero essere utilizzati dai pompieri per raggiungere l’incendio e poter intervenire più velocemente è stata avanzata già verso il 1930. La prima proposta si è concretizzata in un ascensore convenzionale per passeggeri attivabile, durante i casi emergenza, tramite una chiave da parte dei pompieri, rendendo così accessibile l’accesso al piano e l’utilizzo dell’impianto. Sono stati fatti moltissimi progressi in questo settore, tanto che ora la presenza di impianti antincendio è abbastanza frequente, soprattutto in certe categorie di edificio e ci sono normative dedicate che forniscono informazioni riguardo la progettazione di impianti antincendio (CIBSE LIFTS GROUP 2015). Differenti sono poi gli ascensori per l’evacuazione. In caso di mancanza di corrente, ogni cabina è comunque attrezzata con un generatore di emergenza che mantiene accesa la luce all’interno della cabina e consente brevi spostamenti. In primo luogo la cabina si fermerà, per attivazione del sistema a paracadute, data la rilevazione di un’anomalia nel funzionamento. Se previsto, la cabina riprenderà il moto raggiungendo il primo livello raggiungibile in direzione di discesa dove, una volta raggiunto, si apriranno le porte per permettere ai passeggeri di uscire e raggiungere le scale di evacuazione o i luoghi sicuri di ritrovo.

Esistono poi impianti progettati appositamente per l’evacuazione, principalmente dedicati alle persone con ridotta capacità motoria in caso in emergenza. Anche in questo caso la cabina e il vano devono rispettare requisiti tecnici di resistenza antincendio. Fondamentale, sia che si tratti di ascensori antincendio o di evacuazione, è la loro colloca-



zione che deve essere prevista all'interno di uno spazio chiuso, sicuro e a prova di incendio, solitamente abbinato alle scale di evacuazione. In edifici molto alti, o in casi particolari, è possibile creare dei veri e propri percorsi protetti orizzontali che mettano in comunicazione diversi sistemi di evacuazione verticali, magari collocati ad una certa distanza tra loro. I percorsi orizzontali devono ovviamente essere compartimentati per evitare che fiamme o fumo li raggiungono, garantendo così un certo livello di sicurezza agli utenti.

*Figura 24: Un articolo pubblicato nel 1913 sul The Kennewick Courier di Washington che presenta brevemente il grattacielo Woolworth descrivendone anche alcuni aspetti tecnici, come la presenza degli air-cushions. La parte evidenziata dice che ogni sistema di sicurezza conosciuto è stato installato, inclusi gli air-cushions, per fare in modo che non ci sia nessun rischio.*

*Fonte: The Kennewick Courier, 1913*

**World's Tallest Office Building Finished. Has Fifty-five Stories.**

**P**RESIDENT WILSON pressed an electric button one night recently at Washington, and an instant later the world's greatest and most beautiful skyscraper, the Woolworth building, at Broadway and Park place, New York, became a blaze of light.

At the signal flashed from Washington the chief engineer of the new building threw a switch, and the full complement of electric lights throughout the fifty-five stories and on the tower of the skyscraper shone suddenly out of the darkness like a shaft of fire created by magic.

The Woolworth building is 780 feet high, surpassing by eighty feet the Metropolitan tower, in New York, which at the time of its completion was the tallest building in the world.

The Woolworth contains twenty-seven acres of renting space. There was a great rush of firms and individuals to rent the top floor offices partly because of the novelty and partly because such a lofty situation offers unusual opportunities in the way of advertising.

The Woolworth building is a landmark in every sense of the word. By day it towers above the skyscrapers of Manhattan Island so conspicuously as to be the one dominant feature of the landscape. By night it is no less attractive, especially when the tower is illuminated. The big electric light on top of the tower can be seen nearly a hundred miles out at sea in clear weather.

The entire height of the Woolworth building, from where its subbasement rests on bedrock to the tip of the tower, is 910 feet. The Eiffel tower, in Paris, is the only taller structure in the world.

It took two years to build the Woolworth. Some idea of what was required of the architect may be had from the statement that 24,000 tons of steel were used in its construction. The steel had to be brought to the building site practically on the minute, so it could be put in the designated place, as it was impossible to store the material in the busy streets about the building.

Seventeen million bricks were used in the construction—enough bricks to pave a roadway thirty feet in width from the Woolworth building to West Two Hundred and Fiftieth street.

The 80,000 electric bulbs from the 13,500 electric light outlets in the building, strung less than three feet apart, would light the entire forty miles of water front around Manhattan Island.

There are eighty-seven miles of electric wiring, sufficient to extend from New York to Philadelphia.

The six huge 2,500 horsepower boilers, if harnessed together, could lift 100 times the weight of the statue of Liberty.

The building has a total weight of 206,000,000 pounds at the caissons. It is figured that this immense weight is increased at times by wind pressure by 40,000,000 pounds.

The building is designed to withstand a wind pressure of 250 miles an hour.

There is a battery of twenty-eight elevators, which if put end to end



© 1913, by American Press Association.

**THE WOOLWORTH BUILDING BY NIGHT.**

would extend two miles—a round trip in each of the elevators will be equal to a four mile ride, all within the building.

Every safety device known is provided, including air cushions, so that there is absolutely no danger, even though the average tenant is able to get to his or her office from the street within thirty seconds. It takes but little over a minute to reach any part of the entire building.

Cass Gilbert, designer of the Woolworth, says a building 1,000 feet high and containing 100 stories is not an impossibility.

An angry man opens his mouth and shuts his eyes.—Cato.



## 2. Il ruolo del sistema di trasporto verticale nell'evoluzione dell'edificio alto

In questo capitolo il focus non è l'edificio alto in quanto tale ma in rapporto al ruolo instaurato con l'ascensore. L'obiettivo è quello di rintracciare le fasi salienti dell'evoluzione "a doppio senso" del binomio edificio alto-ascensore, per dimostrare come le modifiche e i progressi tecnici o tecnologici dell'uno hanno sempre avuto un effetto sull'altro e viceversa.

Il primo paragrafo propone una selezione di definizioni e descrizioni riguardanti il tipo edilizio dell'edificio alto che sono state raccolte durante la fase di ricerca. Queste descrizioni proposte da progettisti, storici e critici dell'architettura nel corso degli anni, vogliono dare un'idea della complessità del tipo edilizio in esame, tanto che una definizione univoca e precisa non esiste. Si tratta sempre di una descrizione messa in relazione ad altri fattori, a seconda della chiave di lettura adottata dall'autore. La cosa interessante è che nella maggior parte di queste affermazioni, l'ascensore appare come elemento fondativo, necessario per definire un edificio alto e per assicurarne un corretto funzionamento delle varie parti.

I paragrafi successivi propongono una lettura critica della storia del tipo edilizio in cui si è cercato di riportare sempre l'attenzione alla parallela evoluzione dell'ascensore, inteso prima come semplice macchina, alla pari di un elemento d'arredo, fino a diventare elemento fondativo, caratterizzante del tipo. La trattazione segue l'ordine cronologico degli eventi, partendo dai primissimi esempi di edifici multipiano e alle soluzioni proposte nelle due città natali di questo tipo edilizio: Chicago e New York. Si articola attraverso il Novecento sino ad arrivare alle tendenze attuali che caratterizzano il mercato contemporaneo. L'evento dell'11 settembre 2001 ha segnato un punto di svolta nella progettazione degli edifici alti e nel modo di muoversi al loro interno, portando alla luce alcune criticità rilevanti.

I contenuti di questo capitolo sono stati importati ai fini della tesi perché, oltre ad evidenziare lo stretto rapporto evolutivo tra ascensore ed edificio alto, hanno permesso di individuarne la nuova domanda del mercato di settore. Inoltre, questa fase della ricerca ha permesso di ragionare ed evidenziare un certo bisogno di un cambio di rotta dell'evoluzione del tipo edilizio dell'edificio alto verso forme più complesse, mirate a creare connessioni non solo tra gli edifici ma anche con il tessuto urbano di inserimento. Viene da chiedersi se il settore ascensoristico sarà in grado, come in passato, di assecondare questa nuova tendenza attraverso un processo di rinnovamento.

## 2.1 Elementi caratterizzanti l'edificio alto (tra cui il sistema ascensore)

Data la complessità che caratterizza il tipo edilizio dell'edificio alto è difficile individuare o formulare una definizione precisa e univoca. Tuttavia, nel corso della storia di questo tipo edilizio sono state proposte varie descrizioni che ne espongono le caratteristiche principali e rappresentative, a seconda della chiave di lettura o del punto di vista di chi le ha formulate. Alcune di queste descrizioni si riferiscono agli aspetti tecnici e tecnologici che lo contraddistinguono, mentre altre si soffermano più sugli aspetti architettonici del tipo edilizio, altre ancora toccano addirittura tematiche sociali.

L'obiettivo di questa ricerca è quello di ripercorrere le fasi salienti dell'evoluzione del tipo edilizio ponendo particolare attenzione ai sistemi ascensori per cercare di capire come sono mutati nel tempo e come abbiano influenzato lo sviluppo del grattacielo. Prima di procedere, tuttavia, si ritiene utile presentare alcune delle descrizioni che sono state raccolte durante le fasi di ricerca, per avere una visione globale del tipo edilizio, non solo attraverso la chiave di lettura che sarà proposta. Questo perché l'edificio alto è, forse, uno tra i tipi edilizi più complessi e articolati ed è, ancora oggi, in continua evoluzione.

Le descrizioni proposte provengono da progettisti, architetti, storici e critici che hanno fornito una propria visione e hanno cercato di commentare il tipo edilizio. Vista l'eterogeneità dei punti di vista raccolti si è pensato fosse più utile presentare le descrizioni in ordine cronologico.

Il progettista americano William Freyer (Freyer, 1891) sostiene che *“Today [1891] there is simply no limit to the height that a building can be safely erected. This result has been reached mainly through three inventions:*

1. *The passenger elevator,*
2. *The flat-arch system,*
3. *The skeleton construction”*.<sup>1</sup>

Sebbene gli edifici alti hanno cominciato ad essere realizzati prima del 1891, Freyer riassume la complessità del tipo edilizio in tre semplici punti. La presenza di un ascensore è al primo posto degli elementi fondativi che definiscono il tipo edilizio, così come lo scheletro in acciaio. Il secondo elemento, in realtà, venne presto abbandonato e sostituito da tecnologie più avanzate. Si trattava di un sistema in laterizio per coprire gli elementi metallici e proteggerli dal fuoco. Secondo Freyer la combinazione di questi tre elementi non solo avrebbe rimosso qualsiasi tipo di limite alla costruzione in altezza ma l'avrebbe anche resa sicura ed efficiente.

Henry Louis Sullivan, principale rappresentante della Scuola di Chicago, è stato un progettista che ha dedicato buona parte della sua carriera al settore delle costruzioni degli edifici alti, realizzando edifici che sono rimasti nella storia come l'Auditorium Building di Chicago, il Wainwright Building di St. Louis o il Guaranty Building di Buffalo. Co-

<sup>1</sup>“Oggi [1891] semplicemente non ci sono limiti all'altezza che un edificio può raggiungere in sicurezza. Questo risultato è stato possibile grazie a tre invenzioni: 1. L'ascensore per passeggeri; 2. Il sistema ad arco ribassato; 3. La struttura a scheletro”

nosciuto anche come “*father of skyscrapers*” (Kaufman M. D., 1969) riassume i principi del tipo edilizio dell’edificio alto, e in generale del movimento moderno di cui è rappresentante, in tre parole: “*form follows function*” (Sullivan L., 1924). L’edificio alto nasce come risposta ad una domanda, quella di creare spazi di lavoro nel modo più rapido e redditizio possibile. I volumi, le forme e ogni aspetto della sua definizione architettonica, secondo Sullivan, dipendono esclusivamente dalla funzione, dall’attività che deve essere condotta nello spazio progettato. In un testo successivo, afferma che la caratteristica principale di un edificio alto è che debba essere alto. Quasi personificando il tipo edilizio dell’edificio alto sostiene che sensazioni di gloria e orgoglio devono essere percepiti osservando un grattacielo (Sullivan L., 1896). L’edificio alto, infatti, è stato spesso visto come un manifesto per dichiarare la forza e la potenza, soprattutto finanziaria.

Più tardi, con il collega Mumford<sup>2</sup>, Sullivan definisce invece quello che dovrebbe essere il programma funzionale di un edificio alto per uffici dell’epoca: “[...] da un punto di vista generale, questi sono i requisiti pratici. Occorrono: primo, un sotterraneo per le caldaie e gli impianti, ecc – in breve gli impianti per l’energia, il riscaldamento, l’illuminazione, ecc. – secondo: il cosiddetto pianterreno destinato ai negozi, alle banche, o ad altre funzioni che necessitano di ampie metrature, grandi spazi, notevole illuminazione, diretta accessibilità; - terzo: un secondo piano direttamente accessibile attraverso delle scale – di solito uno spazio molto frazionato, indipendente dai vincoli strutturali, generalmente vetrato o con ampie aperture; quarto: sopra un numero indefinito di piani per uffici, un volume dopo l’altro, ogni volume uguale all’altro – ogni ufficio simile ad una cellula alveare, un semplice compartimento, nulla più; - quinto e ultimo: al culmine di questa piramide vi è uno spazio o un piano che, in quanto relazionato alla vita e all’unità della struttura possiede una natura puramente fisiologica – precisamente l’attico. Infine, o meglio all’inizio, vi deve essere al pian terreno un ingresso principale o un’entrata comune per tutti gli utenti e i visitatori” (Mumford, 1931).

Le indicazioni contenute in questa descrizione potrebbero essere viste come delle linee guide per la corretta organizzazione degli spazi in un edificio alto dell’epoca contenente uffici. La cellula ufficio diventa un modulo ripetibile, un elemento che deve essere inserito all’interno del numero indefinito di piani che si possono realizzare. La descrizione propone una gerarchizzazione dei livelli in base all’altezza dell’edificio, i piani inferiori sono quelli dell’accoglienza e devono essere progettati a tal scopo mentre quelli più alti, gli attici, sono il vertice. Quello che succede al centro è una semplice ripetizione del piano standard. In questo specifico caso gli impianti e gli ascensori non vengono nominati in modo esplicito tuttavia, si può dedurre che la loro presenza sia quasi data per scontata in quanto necessaria, dato che il piano attico non può essere raggiunto se non tramite un sistema meccanizzato. L’ascensore è un elemento costitutivo del tipo edilizio dell’edificio alto.

J. Carson Webster, storico dell’architettura del Novecento, in un articolo analizza le principali caratteristiche che sono fondamentali

<sup>2</sup> *Lewis Mumford (1895-1990) è stato uno storico americano, sociologo, filosofo e critico letterario. Particolarmente noto per il suo studio di città e architettura urbana.*

per la definizione di un edificio alto (Webster, 1959):

1. Caratteristiche essenziali:

- una grande altezza (relativamente agli altri edifici);
- distribuzione interna su diversi piani;
- creazione di grandi spazi e favorire l'ingresso di tanta luce naturale.

2. Mezzi necessari per la realizzazione:

- Un sistema strutturale adeguato alle caratteristiche prese nel loro insieme, oggi giorno questo significa una costruzione in scheletro metallico;
- I materiali necessari al sistema strutturale, soprattutto l'acciaio materiali resistenti al fuoco e al calore;
- Ascensori.

3. Condizioni che favoriscono questo tipo di costruzioni:

- Economiche: l'alto valore del terreno, la disponibilità di manodopera e capitali, ecc.;
- Sociali: il modo di vivere di grandi gruppi, le imprese, l'organizzazione del lavoro, la pubblicità, ecc.;
- Tecnologiche: la possibilità di disporre di strumenti adattivi, nuovi procedimenti, sorgenti di energia, perfezionamento degli impianti di scarico e di riscaldamento, ecc.;
- Psicologiche: i desideri, consci o inconsci, che possono essere espressi dall'edificio alto;
- Estetici: il piacere dell'altezza, la preferenza per l'effetto torre relativamente ad edifici più bassi.

Webster propone una lettura più articolata del tipo edilizio dell'edificio alto, individuando gli elementi necessari e sufficienti per la sua costruzione ma avanzando anche una lettura più ampia che guarda alle condizioni urbane, economiche e, si potrebbe dire, sociali che possono favorire la scelta verso questo tipo edilizio.

Rem Koolhaas, nel suo *"Retroactive Manifesto for Manhattan"* dove conduce una rilettura critica e personale della storia dell'architettura americana, affida il successo di questo tipo edilizio dell'edificio alto soprattutto ai progressi in campo tecnico e tecnologico: *"In the early 1880s the elevator meets the steel frame, able to support the newly discovered territories without itself taking up space. Through the mutual reinforcement of these two breakthroughs, any given site can now be multiplied at infinitum to produce the proliferation of floor space called Skyscraper"*<sup>3</sup> (Koolhaas, 1978). Koolhaas vede nel sodalizio tecnologico tra ascensori e telaio metallico il successo di questo tipo edilizio.

Lynn S. Beedle, fondatore del Council on Tall Buildings and Urban Habitat (CTBUH), secondo il quale un grattacielo è tale se dimostra attributi distintivi di "tallness" (Beedle, 1978). Un edificio in cui il concetto dell'altezza influenza direttamente le principali scelte di carattere architettonico, strutturale, impiantistico, costruttivo e l'intero funzionamento. I criteri riconosciuti e successivamente stabiliti dal Council on Tall Buildings and Urban Habitat<sup>4</sup>, che vengono utilizzati oggi come principale riferimento quando si tratta di edifici alti, sono i seguenti:

<sup>3</sup> "Nei primi anni del 1880 l'ascensore incontra la struttura in acciaio, in grado di sostenere i "territori" appena scoperti senza occupare ulteriore spazio. Attraverso il rafforzamento reciproco di questi due avanzamenti, ogni sito può essere moltiplicato all'infinito per produrre la proliferazione dello spazio di piano chiamato Skyscraper"

<sup>4</sup> [www.ctbuh.org](http://www.ctbuh.org)

- Altezza relativa al contesto: quando un edificio è più alto di quelli circostanti (nel rispetto delle regolamentazioni vigenti);
- Proporzioni: un edificio in cui prevale la dimensione verticale rispetto a quella perimetrale;
- Applicazione di tecnologie per edifici alti: un edificio che contiene tecnologie che potrebbero essere riconducibili alla sua altezza (per esempio impianti di circolazione verticale, sistemi strutturali, elementi di controventamento dovuti all'altezza, e così via).

Beedle, e il CTBUH in generale, cercano di guardare all'edificio alto tenendo in considerazione sia gli aspetti tecnici e tecnologici ma anche il suo ruolo nella città, nel costruito, tenendo in considerazione i rapporti (in termini di dimensioni e proporzioni) che si vengono a creare.

Nel 1981, gli storici di arte e architettura, Pevsner, Fleming e Honour pubblicano il "Dizionario di architettura" dove il grattacielo viene definito entrando anche brevemente in quelle che è stata la storia del tipo edilizio riportandone alcuni momenti salienti: "Edificio di molti piani, realizzato su struttura in ferro per un primo tempo, in acciaio poi, dotato di ascensori ad alta velocità; esso combina l'altezza eccezionale con ambienti interni simili a quelli che potrebbero trovarsi in edifici bassi. Il termine è originario degli Stati Uniti sullo scorcio degli anni '80 del secolo scorso, dieci o dodici anni dopo che alcuni palazzi per uffici a New York avevano raggiunto l'altezza di dieci o dodici piani (46 metri circa). Andare oltre era impossibile con i materiali tradizionali dell'epoca, ulteriori sviluppi si registrarono con l'introduzione delle strutture metalliche. La struttura a scheletro in acciaio per i grattacieli si affermò per la prima volta nel 1890 con il Rand McNally di Burnham e Root; le realizzazioni architettoniche più rilevanti che seguirono sono state il Tacoma Building e il Marquette Building di Holabird e Roche (1886 e 1894), oltre al Wainwright Building di St. Louis e al Guaranty Building a Buffalo di Sullivan, rispettivamente 1890 e 1894. Fino alla prima Guerra Mondiale il grattacielo più alto fu il Woolworth Building di Gilbert a New York (241 metri), l'Empire State Building, dal 1930-32, è alto 381 metri, le torri gemelle del World Trade Center di Yama-saki, 1970-74, sono alte 411 metri; il grattacielo più alto fino ad oggi è la Sears Tower a Chicago (completata nel 1974) di SOM, di 433 metri. La torre Eiffel è alta 300 metri. In Italia, i grattacieli realizzati sono più propriamente torri e non superano i 100 metri di altezza (BBPR, Bega, Ponti) benché non siano mancati progetti più alti (Sant'Elia, Nicoletti, Sarcipanti)" (Pevsner, Fleming, & Honour, 1981).

Carol Willis, fondatrice e direttrice dello Skyscraper Museum di New York, che nel suo libro *"Form Follows Finance"*<sup>5</sup> fornisce una chiave di lettura diversa dell'evoluzione del tipo edilizio e conclude dicendo che "Skyscrapers are shaped by program, profit, technology, taste and by nature and place".<sup>6</sup>

Quelle riportate sono solo alcune delle numerose descrizioni che nel corso degli anni sono state attribuite al tipo edilizio dell'edificio alto. È stato interessante vedere come le prime proposte cercassero

<sup>5</sup> Chiaro rimando al principio di Sullivan secondo cui la forma segue la funzione.

<sup>6</sup> "Skyscrapers sono modellati da programma, profitto, tecnologia, gusto e per natura e luogo"

<sup>7</sup>“L'altezza di un edificio è una questione di circostanza delle persone o della comunità e di percezione, per cui una definizione tangibile di edificio alto non può essere applicata universalmente”

soprattutto di fornire nozioni, regole e linee guida per la realizzazione di questo nuovo tipo edilizio che stava sorgendo, ponendo particolare attenzione soprattutto alle tecnologie da applicare. La presenza dell'ascensore in queste descrizioni è stata quasi una costante, salvo in alcuni casi in cui, probabilmente, è stato dato più per scontato che altro. Proseguendo il grattacielo ha assunto una connotazione riconoscibile e riconosciuta e si è cominciato a guardare “oltre” cercando di capire e valutare le relazioni con il contesto e i suoi abitanti. In generale si potrebbe concludere che:

*“The tallness of a building is a matter of a person's or community's circumstance and perception; therefore, a measurable definition of a tall building cannot be universally applied”* (Coull & Smith, 1991).

## 2.2 I primi edifici alti e i primi ascensori per passeggeri

La storia del grattacielo comincia e si sviluppa di pari passo con quella dell'ascensore. Infatti, reso sicuro da Otis nel 1853, l'ascensore è stato a lungo riconosciuto come uno dei principali elementi tecnologici che ha reso possibile grattacielo moderno. Quello che invece viene più raramente affermato è che è vero anche il contrario, e cioè che la comparsa degli edifici multipiano a fine Ottocento ha favorito lo sviluppo dell'ascensore moderno per passeggeri (Gray, 2014). La storia del grattacielo è stata, ed è ancora oggi, scandita da una serie di relazioni in simbiosi con i progressi tecnologici che si sono succeduti nel tempo nel settore ascensoristico. Ripercorrere le fasi salienti dell'evoluzione dell'edificio alto senza fare alcun riferimento a quella dell'ascensore sarebbe molto complesso, soprattutto nelle primissime fasi in cui il tipo edilizio dell'edificio alto stava prendendo forma, cercando il corretto equilibrio tra tutte le sue parti.

Questo processo, come si vedrà, se da un lato ha permesso all'edificio alto di diventare quello che è oggi dall'altro ne ha anche determinato limiti e criticità che, nella maggior parte dei casi, sono stati risolti individuando un compromesso, un bilanciamento, tra il sistema di circolazione e il progetto edilizio.

Come già anticipato nel capitolo precedente, i primi modelli di ascensori per passeggeri progettati da Otis vennero installati nel 1856 nel negozio di porcellane di Haughwout&Company Store. Il rivoluzionario dispositivo non registrò il successo aspettato tanto che, appena 5 anni dopo l'installazione, venne rimosso per inutilizzo (Bernard, 2014).

Negli stessi anni, sempre in America, era stato sviluppato un altro sistema di sollevamento che, in modo diverso da quello di Otis, garantiva un certo livello di sicurezza, tanto da renderlo adatto anche al trasporto di passeggeri. Si tratta del *Vertical Screw* o *Vertical Screw Elevator*, brevettato da Otis Tufts, il caso volle un'omonimia, nel 1859 a Boston. L'ascensore di Tufts venne descritto come *“the first to have a completely enclosed cab, propelled by a twenty-inch-wide steam-drive iron screw running through its center”*.<sup>8</sup> L'iron screw attraversava la cabina ed era visibile ai passeggeri, rendendo più comprensibile il funzionamento dell'ascensore stesso. Le installazioni più rilevanti di questa

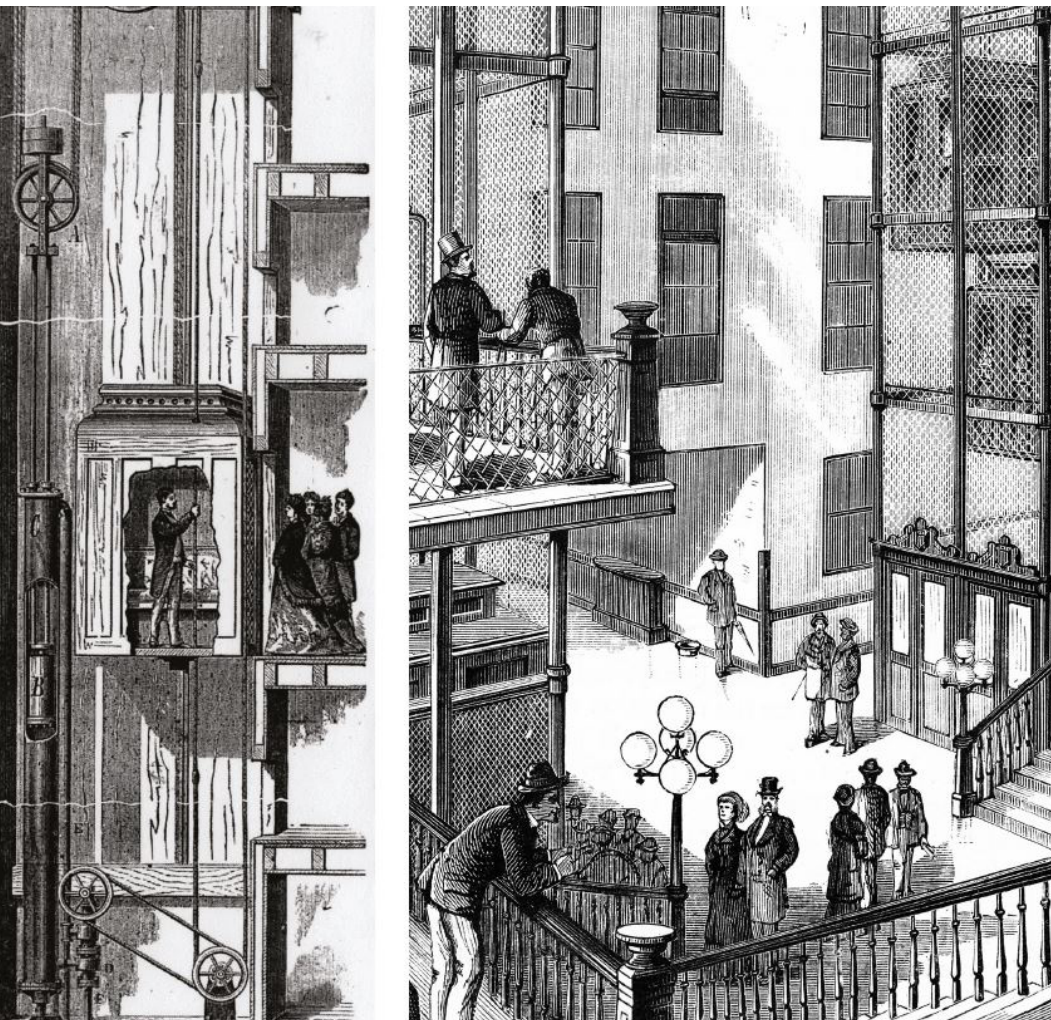
<sup>8</sup>“il primo ad avere una cabina completamente chiusa, azionato da una vite in ferro azionata a vapore larga venti pollici che attraversa il suo centro”



soluzione alternativa si trovavano presso il Fifth Avenue Hotel di New York nel 1859, spesso erroneamente attribuito all'altro Otis, e successivamente anche nel Continental Hotel di Philadelphia. Gli ascensori di Tufts rimasero in servizio fino al 1870 ma, in seguito, non furono ritrovate altre installazioni e si ritiene quindi che cadde in disuso (Bernard, 2014).

Le varie discipline tecnologiche coinvolte nella progettazione di un grattacielo hanno permesso di crescere in altezza, passando dagli otto nove piani ai 20 piani in un breve arco di tempo. In contemporanea, i progettisti dovevano sviluppare nuove strategie di distribuzione interna, organizzazione degli spazi e circolazione. Da qui nuovi modelli di traffico verticale, dovuti ad un costante aumento dei piani e, quindi, dei passeggeri da dover gestire. I motori a vapore vennero sostituiti quasi subito da quelli idraulici che registrarono un particolare successo permettendo di raggiungere altezze e prestazioni considerevoli per l'epoca. Successivamente, il passaggio ai motori elettrici diede un'ulteriore spinta allo sviluppo e alla diffusione del tipo edilizio.

Le ricerche condotte sui primi edifici multipiano sono state fondamentali per quale fosse il corretto rapporto tra spazi serviti e ascensori. Nell'edificio per uffici Boreel Building di New York, per esempio, venne installato il primo ascensore idraulico della storia. La ricerca del corretto equilibrio tra edificio e sistema di circolazione è stato in questo caso risolto collocando gli ascensori all'interno della corte centrale, come si vede in figura. L'edificio di otto piani si articolava attorno a questo spazio centrale, luogo cardine della circolazione interna dell'edificio; dove vennero installati da Otis due gruppi di ascensori idraulici, ognuno costituito da due cabine (Gray, 2019).



*Figura 1: L'ascensore, in sezione a sinistra e all'interno della corte centrale a destra, installato nel Boorel Buildign di New York.*

*Fonte: Gray, 2019*

Come si vede in figura le cabine viaggiavano all'interno di un vano dedicato e circoscritto da un'intelaiatura metallica che permetteva ai passeggeri di godere della vista verso la corte durante il tragitto.

Il Boreel Building è un esempio rappresentativo delle sperimentazioni architettoniche dei primi anni dove i progettisti stavano “prendendo le misure” cercando di capire quale fosse la strategia distributiva più adatta in base alle specificità del progetto. Non essendoci una regola o un riferimento forte, ogni edificio alto che venne realizzato verso la fine dell'Ottocento era un caso unico, direttamente influenzato dalle scelte dell'architetto, dalle idee da sperimentare, dalla conformazione del lotto e dalle richieste del developer, oltre che dalle possibilità tecnologiche disponibili in quel momento.

I primi esempi di edificio alto erano esclusivamente ad uso ufficio, in cui la strategia progettuale consisteva nel massimizzare l'utilizzo dello spazio per ottenere il maggior guadagno possibile. Per fare questo venne individuata la cellula base di riferimento, la cellula ufficio. Definite le caratteristiche dimensionali minime per garantire la progettazione di uno spazio di lavoro efficiente – e cioè remunerativo – il gioco stava nell'assemblare in modo altrettanto funzionale il maggior numero di cellule possibili. Nei primi edifici il concetto di attico e di gerarchia dei piani al salire in altezza non era ancora stato chiarito, si trattava più semplicemente di una ripetizione di livelli identici. “*Skyscrapers were and still are designed from the inside out: from the smallest cell, to the full-floor plan, to the three-dimensional form. The first step was to determine the dimensions of the smallest unit – the single office – which was a room with one or two windows. This module was then reproduced as many times ad possible within an efficient floor plan*”<sup>9</sup> (Willis, 1995). Per raggiungere tale scopo Corbett suggeriva di identificare la soluzione più adatta al caso specifico in esame, collocare le unità in successione e poi di procedere con “*wrapped, bent and twisted until it fits the lot*”<sup>10</sup> a seconda della conformazione del lotto e della collocazione degli altri elementi necessari a rendere funzionante l'edificio (Steadman, 2014).

È noto che la storia degli edifici alti è cominciata in America e, più precisamente a Chicago e New York. Il dibattito tra gli storici su quale delle due sia la vera città nativa del tipo edilizio dell'edificio alto è ancora aperto (Barr, 2014). Fattori come la destinazione d'uso e gli aspetti economici hanno fatto sì che gli edifici alti assumessero nel tempo simili configurazioni formali, tuttavia, i primi grattacieli che sono stati costruiti in queste due città si sono evoluti in modo molto diverso, influenzati soprattutto dai contesti di riferimento, griglie urbane molto diverse tra di loro, e dai regolamenti edilizi vigenti che hanno fortemente indirizzato i progettisti verso alcune soluzioni piuttosto che altre.

<sup>9</sup> “*I grattacieli erano e sono ancora progettati dall'interno verso l'esterno: dalla cella più piccola, alla distribuzione in pianta, alla forma tridimensionale. Il primo passo è stato quello di determinare le dimensioni della più piccola unità – il singolo ufficio – che era una stanza con una o due finestre. Questo modulo è stato poi riprodotto quante più volte possibile all'interno di un impianto di piano efficiente*”

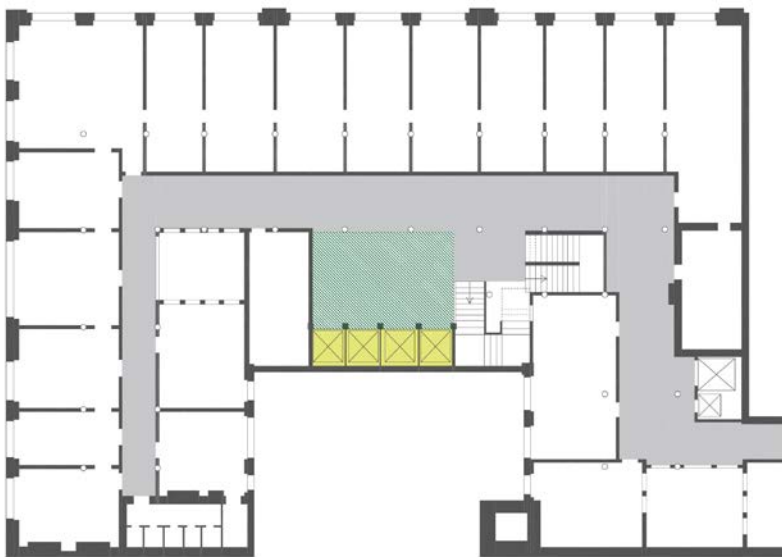
<sup>10</sup> “*avvolto, piegato e contorto fino a che non si adatta al lotto*”

## 2.2.1 Lo sviluppo dell'edificio alto a Chicago

Grazie alla sua collocazione strategica e a collegamenti efficienti, soprattutto via treno, con il Canada, la città di Chicago ha vissuto un forte sviluppo economico nella seconda metà dell'Ottocento, tramutatosi in una importante crescita demografica. Tale sviluppo subì una battuta d'arresto con il gravoso incendio che scoppiò nel 1871 e che distrusse praticamente tutta la città.

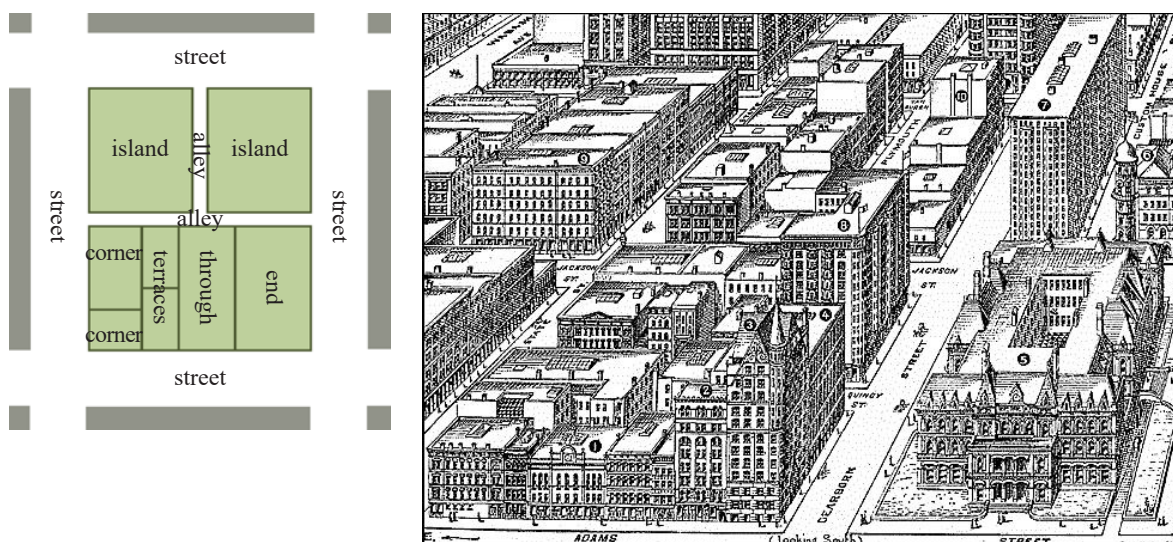
Nelle prime fasi della ricostruzione gli edifici di Chicago non seguirono criteri progettuali precisi. In questo periodo di *laissez-faire* venne realizzato l'Home Insurance Building (1883-85), più volte proposto come primo edificio alto della storia per aver utilizzato lo scheletro in acciaio e il *curtain-wall* come tecnologia di facciata. *“As the method was not embraced by all immediately, as the all-masonry Monadnock Building (1891) demonstrated, the appeal of economy as well as the advantages of admitting more light to interiors and keeping steel-level windows large and the shops free of heavy columns, soon convinced conservatives”*<sup>11</sup> (Willis, 1995). L'Home Insurance Building, progettato da Le Baron Jenney, aveva una configurazione ad U, abbastanza tipica della città di Chicago. Elementi di risalita come scale e ascensori erano stati collocati nella parte centrale, più corta, del distributivo (si veda **Figura 2**). Tre delle colonne dello scheletro metallico utilizzato erano state lasciate libere e avevano permesso di identificare uno spazio che oggi potrebbe essere definito una *lobby*, rappresentando la volontà da parte del progettista di identificare ad ogni piano un'area dedicata alla circolazione, che potesse essere definita e riconoscibile (Gray, 2014).

Dal 1893, invece, il consiglio cittadino impose stringenti regolamenti urbanistici che limitarono molto lo sviluppo in altezza delle costruzioni (Valente, 2015). Gli edifici non potevano infatti superare i 40 metri di altezza, insieme alla prescrizione di utilizzare materiali massivi, che riducessero il rischio di incendio, e prevedere vie di fuga alternative, da qui le riconoscibili scale antincendio esterne che caratterizzano la maggior parte degli edifici di fine Ottocento (Ascher, 2011).



<sup>11</sup> *“Sebbene il metodo non è stato abbracciato da tutti immediatamente, come il in Monadnock Building (1891) totalmente in muratura dimostra, il fascino dell'economia così come i vantaggi di far entrare più luce agli interni e aperture vetrate grandi e i negozi privi di colonne pesanti presto convinsero anche i più conservativi”*

**Figura 2:** Pianta dell'Home Insurance Building di Chicago, dove si può vedere che i pilastri della struttura in acciaio individuano uno spazio preciso davanti agli ascensori.  
Fonte: Gray, 2014



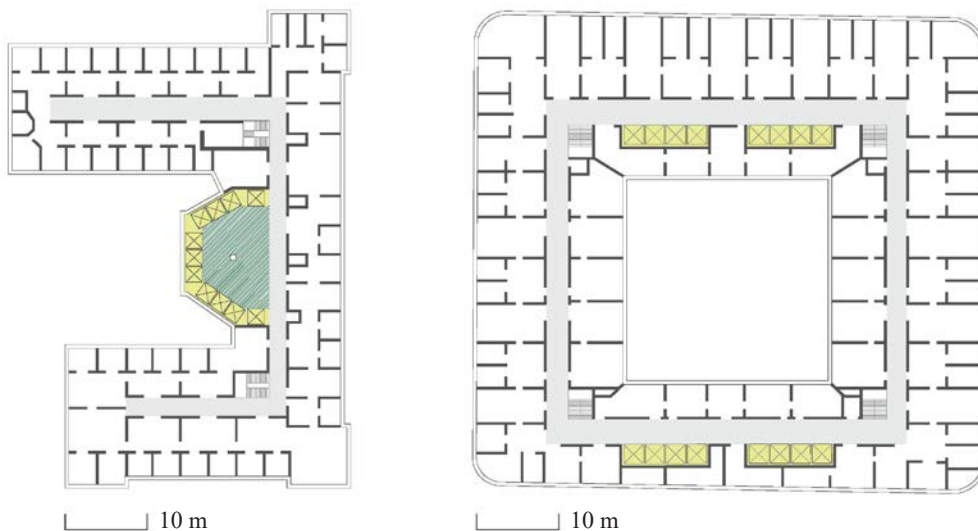
**Figura 3:** La configurazione della griglia urbana di Chicago e uno schema, sulla sinistra, della suddivisione di un ipotetico lotto edificabile.

Fonti: sx. rielaborazione da Steadman, 2014 e dx. Willis, 1995

Nel caso di Chicago, inoltre, i regolamenti edilizi non erano l'unico limite imposto al settore della costruzione degli edifici alti. Infatti, la configurazione a lotti squadrati della griglia urbana ha influenzato moltissimo le configurazioni formali che i primi edifici hanno assunto.

La configurazione possibile dipendeva dalla porzione di lotto che l'edificio avrebbe occupato. La scacchiera in cui era organizzata Chicago, infatti, si componeva di grandi aree squadrate di generose dimensioni, anche fino a 100 m di lato, che venivano poi suddivise secondo lo schema in **Figura 3**. Le diverse porzioni in cui veniva diviso il lotto non determinavano solo le forme degli edifici ma anche le relazioni tra di loro. I bordi interni delle sotto porzioni rappresentavano spesso pareti in comune tra due edifici, lungo le quali non era sempre possibile creare delle aperture. Se i progettisti non si mettevano d'accordo, o se i developer volevano prevalere sui vicini, il rischio era che edifici pre-esistenti, magari appena conclusi, venissero completamente oscurati da nuove realizzazioni più alte di loro o che, per lo meno, non ne rispettavano la conformazione (Steadman, 2014). In questi casi i sistemi di risalita e tutti gli elementi serventi venivano solitamente addossati lungo le parti cieche del distributivo, in modo da massimizzare l'utilizzo delle altre parti che godevano di affacci, verso l'esterno o verso l'interno, e quindi di luce e aria.

Gli edifici più grandi occupavano un intero quarto del lotto, detti appunto *quarter-block*, con un lato di oltre 50 m in lunghezza. I lati che davano sulle strade principali erano sicuramente più fortunati di quelli che si affacciavano sui vicoli interni del lotto. Vista però la stringente esigenza di luce e aria, i progettisti di Chicago hanno pensato di progettare edifici che coprissero sì l'intera area ma che fossero forati al centro tramite una corte. Questo permetteva quindi di avere corridoi circolari con uffici su entrambi i lati, alcuni avrebbero guardato verso le strade esterne mentre gli altri verso la corte interna centrale. In altri casi, i progettisti decisero invece di sacrificare una delle facciate dell'edificio, creando quindi un impianto a U. Alcuni esempi di queste conformazioni in **Figura 4**.



**Figura 4:** Sulla sinistra il Marquette Building di Chicago che presenta una conformazione ad U. Sulla destra, invece, lo schema distributivo del Conway Building che sfrutta lo schema a O con un'apertura centrale.  
Fonte: Steadman, 2014

Punto fondamentale dell'organizzazione dell'impianto dell'edificio era poi la collocazione degli elementi di comunicazione verticale, sia che si trattasse di scale o ascensori, e tutti quei servizi necessari per il funzionamento dell'edificio.

*“Washrooms, staircases and cleaners' rooms are typically placed in the dark positions at the corners of the light well. As for the elevators these tend to be laid out in a straight or semi-circular bank at the center of one of the ranges, either against a party wall or along one edge of the light well. In the 1890s most small Chicago office buildings had between one and four elevators, while larger buildings had up to eight. The Masonic Temple had fourteen. The lifts were grouped in order to cut waiting times: tenants, then as now, were less concerned about the time taken to walk to the lifts, than by the time spent waiting in the lobby. One disadvantage of the court form from the circulation point of view was that those on the opposite side of the building had to make detours around the court to reach the elevators”<sup>12</sup> (Steadman, 2014).*

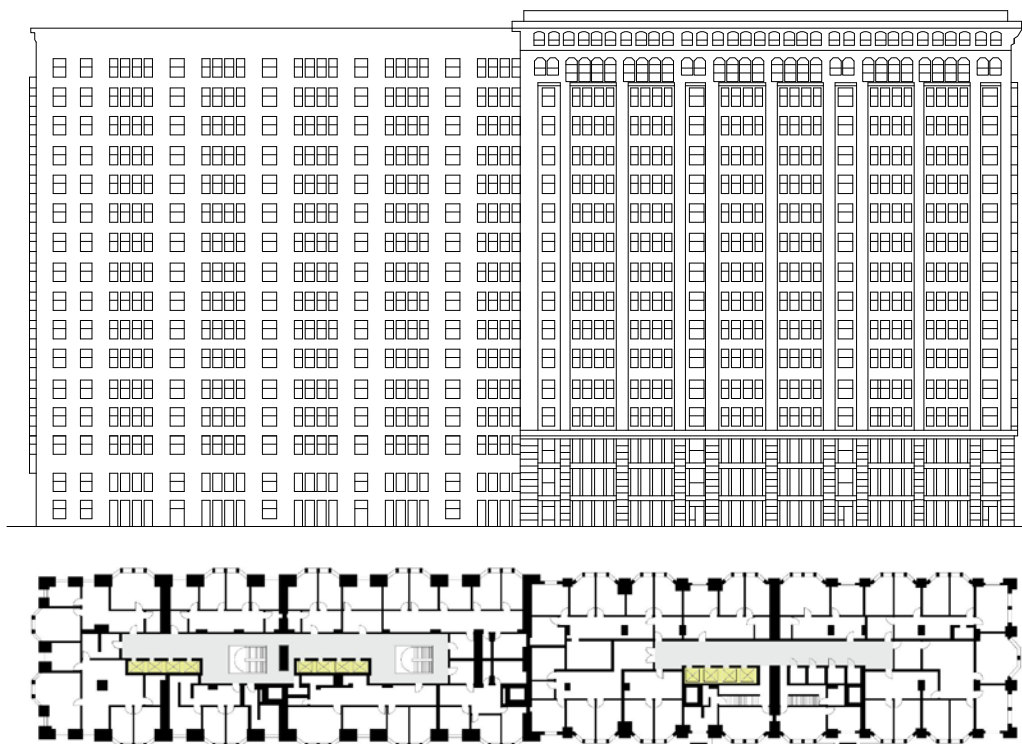
Grazie ad un successivo aggiornamento normativo gli edifici poterono crescere fino agli 80 metri in altezza. Così facendo, tuttavia, le corti centrali tanto utili nelle soluzioni precedenti risultavano essere troppo profonde per permettere alla luce di penetrare fino ai piani più bassi. Per questo motivo vennero sviluppati distributivi differenti, pensati per poter beneficiare al massimo della luce e dell'esposizione naturale. Ne seguirono impianti ad H o a X dove gli elementi di comunicazione verticale e tutti gli spazi considerati accessori e serventi vennero collocati al centro del distributivo. Questo portò a un duplice vantaggio. Il primo di tipo funzionale e organizzativo, in quanto l'arteria principale di comunicazione tra i vari piani ha assunto un ruolo baricentrico rispetto alla circolazione capillare dell'edificio, rendendo così un servizio efficiente. In secondo luogo, guardando al distributivo, la parte centrale sarebbe sempre stata quella più buia perché lontana da fonti di luce naturale e, di conseguenza, meno redditizia da un punto di vista finanziario. Collocare al centro gli ascensori e tutte quelle parti di edificio che non solo non creano reddito ma non hanno bisogno di requisiti specifici come luce e aria è risultata essere una scelta logica oltre che chiaramente vantaggiosa.

<sup>12</sup> *“I bagni, le scale e i locali per la pulizia sono tipicamente posizionati nelle posizioni più buie, agli angoli del pozzo di luce. Per quanto riguarda gli ascensori questi tendono ad essere distribuiti in un bank rettilineo o semicircolare al centro di uno degli spazi, contro una parete del prospetto o lungo un bordo del pozzo di luce. Nel 1890 la maggior parte dei piccoli uffici di Chicago aveva tra uno e quattro ascensori, mentre gli edifici più grandi avevano fino a otto. Il Masonic Temple ne aveva quattordici. Gli ascensori sono stati raggruppati per ridurre i tempi di attesa: gli inquilini, allora come ora, erano meno preoccupati per il tempo necessario per camminare agli ascensori, che dal tempo trascorso in attesa nella hall. Uno svantaggio della forma di corte dal punto di vista della circolazione era che quelli sul lato opposto dell'edificio dovevano fare deviazioni intorno alla corte per raggiungere gli ascensori”*

Contemporaneamente, il passaggio dalle murature massive allo scheletro metallico leggero e meno invasivo ha dato un'ulteriore spinta all'organizzazione efficiente degli spazi interni di un edificio. Questo momento di transito, nel caso di Chicago, si può rintracciare osservando il Monadnock Building. Questo grattacielo, in realtà, è composto da due edifici distinti realizzati a distanza di due anni tra loro. Osservando i prospetti del Monadnock appare subito evidente che tra il primo e il secondo edifici siano stati apportati dei cambiamenti sostanziali, cosa che si nota in modo ancora più immediato guardando i distributivi interni.

Il primo Monadnock Building, quello più a nord, è stato progettato da Burnham and Root nel 1890, si tratta di un edificio in muratura come risulta evidente al piano terra dove le sezioni dei muri superano i due metri di spessore, riducendo di molto l'ingresso della luce naturale ai piani inferiori. L'estensione dell'edificio è stata invece eseguita da Holabird and Roche nel 1892, per quanto sia un evidente rimando al precedente in forme, proporzioni e finiture, presenta un impianto completamente differente (Leslie, 2013). In questa seconda parte, infatti, i progettisti hanno sostituito i setti in muratura con un telaio metallico che ha permesso di utilizzare spessori più sottili di tamponamento e di creare aperture molto più ampie, permettendo così a una maggior quantità di luce e aria di entrare. Tuttavia, le soluzioni strutturali, e di conseguenza le diverse configurazioni formali, non sono gli unici elementi ad essere cambiati. Osservando le piante, infatti, si vede come anche l'organizzazione interna degli spazi e il ruolo assegnato ai sistemi di collegamento verticale siano cambiati dal primo al secondo edificio. Parlando dell'estensione di Holabird and Roche, Lee Gray afferma “*Although, like the original, the elevators were placed in two banks along*

**Figura 5:** Il Monadnock Building di Chicago. L'edificio sulla sinistra è il più vecchio come la distribuzione ancora poco ottimizzata dei vari elementi evidenzia. L'edificio più recente, quello sulla destra, non solo propone spazi organizzati in modo efficiente ma utilizza un telaio metallico, riducendo così lo spessore delle murature perimetrali.  
Fonte: Leslie, 2013



*the main corridor on the first floor, on the upper floors, the banks were not expressed as freestanding elements. Each bank was placed adjacent to a set of stairs, pipe chases and flues, forming a compact mechanical core for both halves of the addition*<sup>13</sup> (Gray, 2014).

L'aver collegato gli spazi dedicati agli ascensori con altri elementi meccanici o di servizio riflette in modo pragmatico sia le ricerche condotte sino a questo momento, anticipando una tendenza futura di gestione e ottimizzazione dello spazio nella definizione di un progetto di edificio alto.

Nel 1923 il regolamento edilizio della città di Chicago cambia nuovamente, permettendo la realizzazione di edifici a torre. Questo è unito al boom economico degli anni Venti, favorì la costruzione di moltissime torri. Le configurazioni più frequenti possono essere distinte in due tipologie. La prima una sorta di soluzione ibrida, costituita da una parte inferiore basamentale molto massiccia e piena da cui, ad una certa altezza, si innesta la torre. La seconda invece, che ebbe molto più successo, rimanda più all'idea di un'unica grande massa che discende gradualmente verso il suolo o, utilizzando le parole di Carol Willis, una *"central tower seemed to grow out of its wings"*<sup>14</sup> (Willis, 1995). Come dimostrano alcune delle piante degli edifici di questi anni, la collocazione degli elementi di risalita era ancora fortemente influenzata dal conteso di inserimento e dalle configurazioni formali degli edifici. Nel caso di lotti adiacenti, gli ascensori e le scale venivano collocati, in configurazioni lineari o organizzati in piccoli bank, lungo le pareti cieche degli edifici, trascurando l'efficienza della circolazione interna. In altri casi, collocati al centro ma distribuiti lungo i corridoi di distribuzione.

### 2.2.2 Lo sviluppo dell'edificio alto a New York

L'esperienza di New York fu molto differente da quella di Chicago, i regolamenti riguardo le nuove costruzioni erano molto meno stringenti e prevaleva la politica del *laissez-faire*. La città aveva infatti indicazioni specifiche riguardo la progettazione strutturale e antincendio, ma non c'era alcun limite riguardo la dimensione o l'altezza degli edifici (Oldfield, Trabucco, & Wood, 2009). L'unico vincolo effettivo era imposto dalle possibilità tecniche ed economiche. Questo assieme alla pressante domanda di spazi per uffici e alla conformazione singolare della griglia urbana costituirono i fattori determinanti dei primi progetti di edifici alti.

Il tessuto urbano era organizzato in una successione di lotti rettangolari stretti e lunghi, circa 20-30 m di larghezza per 60-70 m di profondità. I primi edifici occupavano l'intera superficie del lotto a disposizione e raggiungendo i 18-20 piani in altezza risultavano essere particolarmente slanciati e snelli.

I distributivi interni non permettevano molte alternative. *"This allowed for two rows of 25-foot (7,5m) offices with a core for elevators, stairs, and services at the edge or center, forming a simple rectangular or square plan without a light court. [...] One somewhat deeper site there were buildings with L, U, F and E plans, as in Chicago"*<sup>15</sup> (Ste-

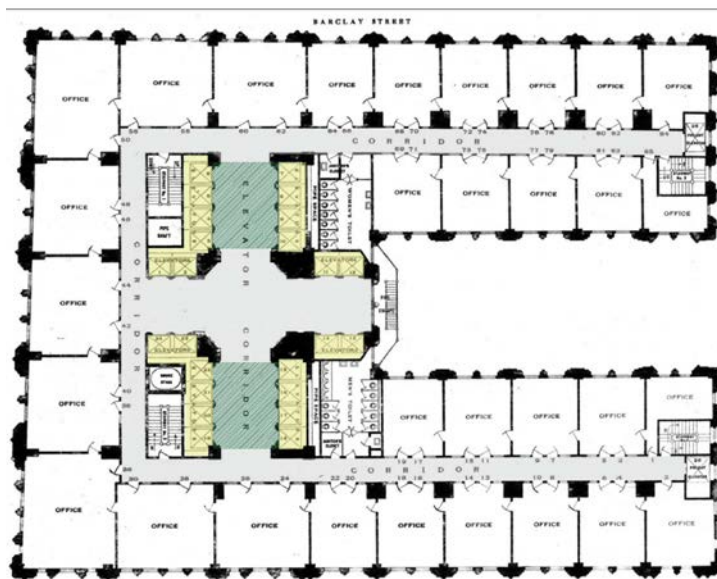
<sup>13</sup> *"Anche se, come l'originale, gli ascensori sono stati collocati in due sponde lungo il corridoio principale al primo piano, ai piani superiori, i bank non sono stati pensati come elementi indipendenti. Ogni bank è stato collocato vicino a scale, tubi e canne fumarie, formando un nucleo meccanico compatto per entrambe le metà dell'edificio aggiunto"*

<sup>14</sup> *"la torre centrale è sembrato svilupparsi dalle relative ali"*

<sup>15</sup> *"questo ha permesso di creare due file di 25 piedi (7,5m) di uffici con un nucleo per ascensori, scale, e servizi al bordo o al centro, formando un semplice piano rettangolare o quadrato senza una corte di luce. [...] per un sito un po' più profondo sono stati progettati edifici piante a L, U, F e E, come a Chicago"*

**Figura 6:** Il piano tipo concepito da Cass Gilbert, progettista del Woolworth Building di New York. Tutti gli ascensori per la distribuzione principale si trovano sul lato corto della configurazione ad U.

Fonte: Gray, 2014



adman, 2014). A New York, come a Chicago, il principale obiettivo era quello di organizzare gli spazi di lavoro in modo che beneficiassero al massimo di un affaccio verso l'esterno, permettendo così a luce e aria di entrare. Il principio distributivo consisteva sempre nell'assemblare il maggior numero di cellule ufficio, a seconda della conformazione del lotto, e di collocare gli altri elementi di progetto, come scale, ascensori, bagni e servizi in generale, negli spazi rimasti che non avrebbero potuto creare una rendita. Nel caso di lotti lunghi e stretti, come racconta Steadman, gli ascensori venivano raggruppati e collocati in linea, parallelamente alle file di uffici. Nel caso di edifici dalle forme più complesse, ascensori e servizi venivano invece collocati agli angoli.

Dai primi anni del Novecento, si cominciarono ad assemblare più lotti lunghi e stretti, per creare unità di maggiori dimensioni. Questo assieme all'ego dei developers e alla volontà di dimostrare la propria forza finanziaria ha dato il via alla corsa verso il cielo, scandita da una incalzante successione di edifici sempre più grandi e, soprattutto, più alti. I progressi nel settore delle costruzioni assecondarono e favorirono questa tendenza, grazie all'introduzione del telaio metallico, di nuove soluzioni tecnologiche di facciata e agli ascensori, che vennero riconosciuti come elemento determinante del successo, o dell'insuccesso, di un progetto di edificio alto. Non si parla solo di miglioramenti nelle prestazioni degli impianti di sollevamento dovuti alle continue innovazioni proposte ma anche della presa di coscienza del fatto che edifici complessi (in altezza e per organizzazione) richiedevano un vero e proprio progetto della circolazione interna, nasce quello che Strakosch e Caporale definiscono *elevatoring* di un edificio (Strakosch & Caporale, 2010). Inteso come la necessità di approcciare la circolazione interna di un edificio come un vero e proprio progetto che deve essere condotto in simbiotico con quello dell'edificio e di tutte le sue parti. Non si tratta più di trovare la collocazione più adatta rispetto al distributivo ma di mettere tutti gli aspetti della progettazione a sistema, al fine di creare il giusto equilibrio tra le parti serventi e servite.



La costruzione dell'imponente Woolworth Building nel 1913 è di sicuro l'esempio più rappresentativo di questo processo. Riconosciuto come l'edificio più grande e più alto dell'epoca con i suoi 240 metri di altezza, il Woolworth è ancora oggi un edificio iconico della città. Occupa l'intero lotto a disposizione assumendo un distributivo a U nella parte inferiore che si riduce ad una torre nella sezione finale. Il richiamo all'architettura gotica è evidente, anche per questo venne ribattezzato "la cattedrale del commercio" (Ascher, 2011). Vista la forma dell'edificio, i sistemi di collegamento verticale e tutti i servizi vennero collocati esattamente al centro dell'impianto. Così facendo avrebbero servito sia la parte basamentale sia quella a torre superiore, che si innestava centralmente rispetto alla sezione corta del distributivo (si veda la **Figura 6**).

Il progetto di trasporto verticale contava 24 cabine organizzate a croce, abbinata a gruppi di due o di quattro come si vede in figura. Gli ascensori vennero progettati in modo da non dover servire tutti i piani. Alcune cabine erano state assegnate solo ai piani più bassi, quelli del basamento, mentre altre esclusivamente alla torre senza prevedere nessuna fermata nella sezione inferiore. L'obiettivo di questa soluzione era quello di ridurre l'ingombro degli ascensori ai piani più alti, quelli della torre, di dimensioni minori rispetto a quelli inferiori. Così facendo ci sarebbe stato un bilanciamento tra gli spazi serventi e quelli serviti. Tuttavia, a causa delle ancora limitate prestazioni degli impianti di sollevamento, il servizio di trasporto verticale del Woolworth Building è ricordato come uno tra i più inefficienti della storia a causa degli eterni tempi di attesa. Pare infatti che il signor Woolworth una volta dovette aspettare più di tre ore per poter scendere dal suo ufficio, collocato ai piani più alti della torre, al piano terra. Il sistema era sicuramente sottodimensionato rispetto alle esigenze della torre, inoltre, bisogna anche ricordare che i dispositivi non erano ancora efficienti come quelli moderni, erano lenti e necessitavano spesso interventi di manutenzione e controllo (Trabucco, 2010).

L'Equitable Building, realizzato nel 1915, è stato invece il primo edificio alto in cui è stata richiesta la figura di un consulente di trasporto verticale, Charles Knox. Il cui ruolo, tuttavia, è stato quello di definire un progetto di trasporto verticale che fosse il più efficiente possibile sotto il punto di vista economico finanziario. L'Equitable Building doveva essere un successo finanziario, un sistema di circolazione efficiente e correttamente dimensionato l'avrebbe reso tale: "*We want the new Equitable Building to have the name of giving the best elevator service of any building in the world.... The elevator service will determine the height of the building*"<sup>16</sup> (Weisman, 1970). L'Equitable Building è il prodotto di un ponderato calcolo economico che ha stabilito il migliore equilibrio tra dimensioni, altezza e organizzazione interna. Il risultato è stato un edificio di 170 metri con un impianto ad H, che ha permesso di moltiplicare le superfici finestrate sia verso l'esterno che verso l'interno. Charles Knox calcolò che il progetto di circolazione verticale doveva contare un massimo di 36 piani, 5 in meno rispetto a quelli proposti dai developers, serviti da 48 cabine. Lo sforzo condotto nella progettazione dell'edificio più efficiente possibile passò in secon-

<sup>16</sup> "*Vogliamo che il nuovo Equitable Building riceva il titolo di miglior servizio di ascensore di qualsiasi edificio al mondo... Il servizio ascensore determinerà l'altezza dell'edificio*"

<sup>17</sup> “ha comprato una perdita nel valore stimato intorno ad un milione di dollari”

<sup>18</sup> “Il campo di applicazione dell’ordinanza era molto ampio e riguardava tutta la città, non solo Manhattan. Forniva disposizioni di tre tipi. Il primo consisteva nel istituire zone residenziali, commerciali e senza restrizioni, all’interno delle quali dovevano essere previsti usi diversi. Il secondo consisteva nel fissare norme per i quantitativi minimi di spazio aperto da fornire intorno agli edifici. Per gli edifici industriali, queste aree erano piuttosto piccole, e gli effetti delle regole erano minimi. La terza serie di disposizioni relative alle altezze degli edifici. [...] rispetto alle altezze si doveva consentire l’aggiunta di una porzione dell’edificio a torre la cui superficie piana poteva essere pari al massimo al 25% della superficie del sito. La legge non ha posto limiti all’altezza della torre (anche se gli aspetti economici potrebbero)”

<sup>19</sup> “Il problema diventa quello di un edificio sopra all’altro, con la circolazione verticale dell’edificio superiore che attraversa il più basso come un servizio espresso. [...] La necessità di luce naturale ha influenzato la profondità degli uffici [...] dopo un certo punto, non si avrebbe più una rendita, non importa quale sia la sua altezza”

do piano quando l’Equitable Building venne fortemente criticato per le eccessive dimensioni rispetto al contesto circostante: “it bought about loss in value estimated by the city around a million dollars”<sup>17</sup> (Steadman, 2014).

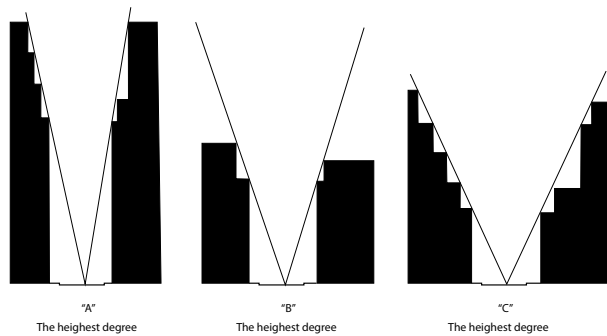
Proprio per le sue dimensioni fuori controllo, l’Equitable Building viene spesso indicato come causa principale della Zoning Law del 1916 che cambiò completamente le regole di costruzione degli edifici alti di New York. In realtà i motivi di tale regolamentazione sono prevalentemente di natura economica, al fine di contenere la speculazione edilizia rappresentativa di quell’epoca. Tutto è partito da un gruppo di imprenditori immobiliari della 5th Avenue Area Merchants Association di un gruppo che prima riluttanti a porre limiti alle dimensioni dell’edificio, cambiarono idea quando videro che il valore di una proprietà era spesso compromesso da un nuovo grattacielo più alto o più alla moda, costruito nelle immediate vicinanze. Tale presa di coscienza ha messo fine all’atteggiamento liberista alle costruzioni di Manhattan (Weiss, 1992) (Trabucco, 2010).

“The scope of the Ordinance was very wide and applied to the whole of the city, not just Manhattan. It made provisions of three kinds. The first was to establish zones – residential, business and ‘unrestricted’ – within which different uses were to be segregated. The second was to set standards for the minimum amounts of open space to be provided around buildings. For ‘business’ buildings these areas were rather small as we shall see, and the effects of the rules minimal. The third set of provisions related to the heights of buildings. [...] in relation to the heights was to allow for a tower to be added whose plan area could be equal, at a maximum, to 25% of the site area. The law placed no limit on the tower’s height (although economics might)”<sup>18</sup> (Steadman, 2014). Essendo quindi la torre l’elemento determinante, l’intero progetto dell’edificio partiva proprio da essa, per poter massimizzare l’uso di quel 25% di libertà dato dall’ordinanza. La dimensione dell’edificio, l’altezza finale, la distribuzione e l’organizzazione in pianta e in alzato, la collocazione di ascensori scale e servizi, ogni decisione, dipendeva quasi esclusivamente dal progetto della torre e, soprattutto, dalle possibilità di azione definite da norma.

“The problem becomes one of two buildings with the vertical circulation of the top building running through the lower as an express service. [...] The need for natural light affected the depth of offices [...] after a certain point is reached, no more money can be obtained, no matter what its depth”<sup>19</sup> (Corbett, 1924).

Gli effetti della Zoning Law furono immediati, le forme che gli edifici di questo periodo assunsero vennero spesso classificate a “wedding cake” o a “set-back”. Seguendo le indicazioni della norma, infatti, gli edifici dovevano arretrare rispetto al filo della strada a mano a mano che salivano in altezza, seguendo delle diagonali diverse a seconda della zona della città (si veda in **Figura 7** uno schema esemplificativo).

Gli ascensori avevano oramai trovato una collocazione abbastanza precisa. Abbinati in gruppi, detti anche batterie, venivano collocati in corrispondenza di dove si sarebbe poi impostata la porzione “a



**Figura 7:** Le indicazioni presenti nella Zoning Law del 1916. Gli edifici, al crescere in altezza, dovevano arretrare seguendo gli angoli di inclinazione indicati in figura.  
Fonte: Willis, 1995

torre” dell’edificio. In questi anni, l’architetto Harvey Wiley Corbett e l’illustratore Hugh Ferriss cominciarono a pubblicare articoli e raffigurazioni riguardo le possibili soluzioni formali derivanti dall’applicazione della Zoning Law (**Figura 8**).

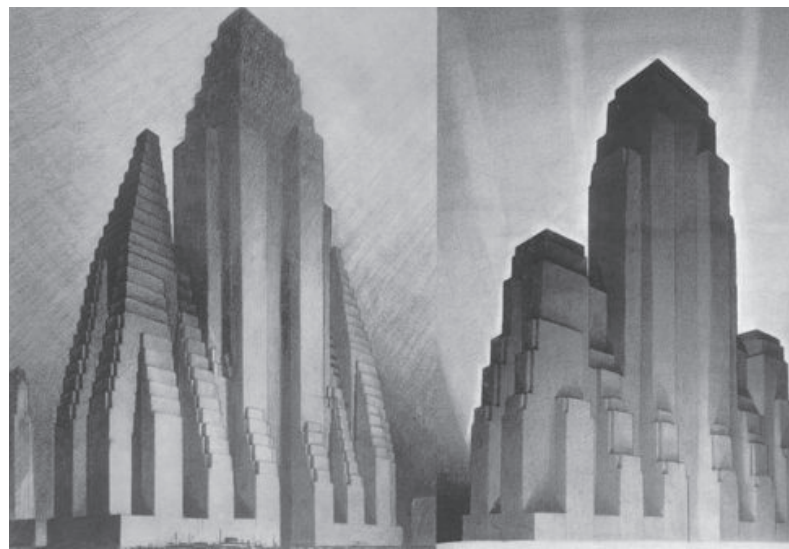
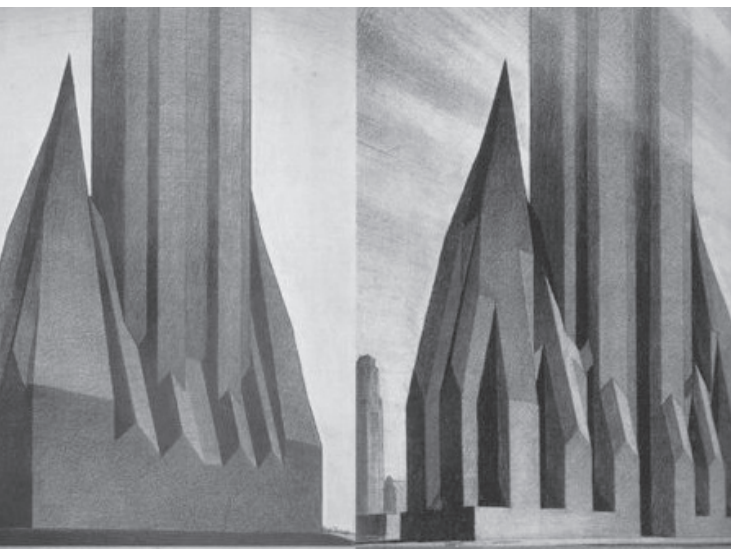
L’Empire State Building potrebbe essere considerato l’edificio più rappresentativo di questo periodo. Un progetto straordinario sia per le dimensioni e l’altezza raggiunta ma anche per il programma sviluppato per la sua realizzazione. Si tenga in considerazione che ci sono voluti solo 11 mesi per la realizzazione dell’Empire, inclusa la demolizione del Waldorf Astoria che occupava il lotto (Willis & Friedman, 1998).

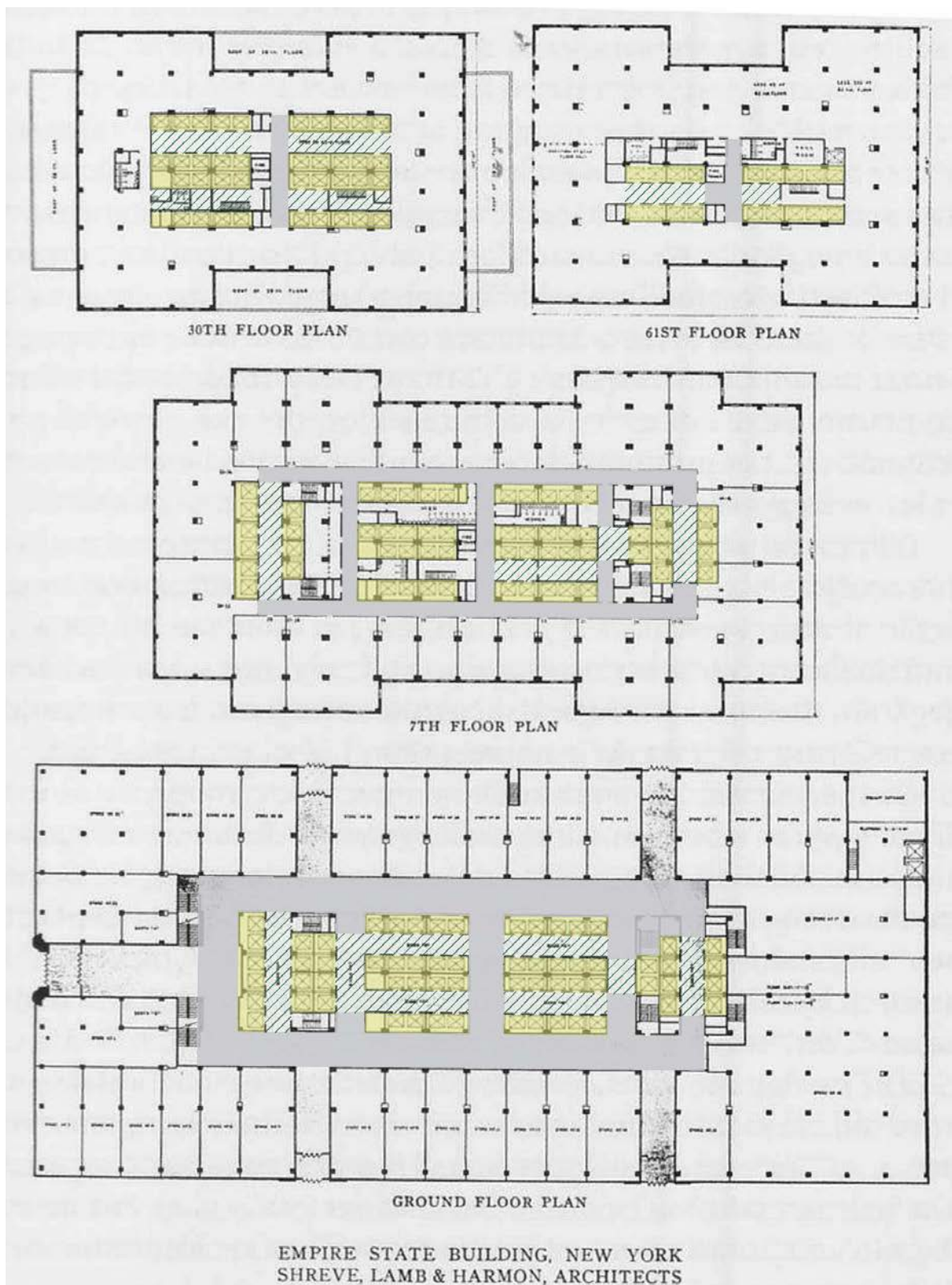
*“The program was short enough—a fixed budget, no space more than 28 feet from window to corridor, as many stories of such space as possible, an exterior of limestone, and completion by May 1, 1931, which meant a year and six months from the beginning of sketches. The sizes of the floors diminish as the elevators decrease in number. In essence there is a pyramid of non-rentable space surrounded by a greater pyramid of rentable space, a principle modified of course by practical considerations of construction and elevator operation [...]. The elevator system was one of the keys to both the general arrangement of the plan and to the height to which the building could rise”<sup>20</sup> (Lamb, 1931).*

Gli ascensori, e tutti gli elementi serventi l’edificio, vennero collocati al centro, per servire sia la parte bassa dell’edificio sia la porzione di torre superiore. Gli ascensori installati nell’Empire sono stati tra i primi dispositivi automatici. Le cabine, infatti, non erano più guidate da un operatore ma era il passeggero ad effettuare la prenotazione e indicare la destinazione tramite la pulsantiera di piano e di cabina. Le 58 cabine dell’Empire erano in grado di gestire una popolazione giornaliera di circa 58.000 persone in modo del tutto automatizzato (Willis & Friedman, Building The Empire State, 1998).

<sup>20</sup>*“In progetto era abbastanza breve - un budget fisso, nessuno più di 28 piedi di spazio tra la finestra e il corridoio, quanti-più piani possibili in tale spazio, un rivestimento esterno in pietra calcarea e il completamento dei lavori entro il 1 maggio 1931, il che significava un anno e sei mesi dall’inizio degli schizzi. Le dimensioni dei piani diminuiscono al diminuire del numero degli ascensori. In sostanza c’è una piramide di spazio non affittabile circondata da una più grande piramide di spazio affittabile, un principio naturalmente modificato da considerazioni pratiche di costruzione e funzionamento dell’ascensore [...]. Il sistema di ascensore era una delle chiavi sia per la disposizione generale del piano che per l’altezza che l’edificio poteva raggiungere”*

**Figura 8:** Le rappresentazioni di Hugh Ferriss nate dall’applicazione della Zoning Law del 1916 di New York.  
Fonte: Ferris, 1929





**Figura 9:** Pianta dell'Empire State Building di New York: a) dal livello 6 al 20; b) livelli 30, 32, 40 e 43; c) livelli 66 e 67.  
Fonte: rielaborazione da Strakosch e Caporale, 2010

L'Empire State Building venne completato nel 1931, appena due anni dopo la dura crisi economica del 1929 che colpì profondamente il settore immobiliare americano e non solo. Rimase l'edificio più alto del mondo per oltre 40 anni, cosa rappresentativa di quanto fu profonda la crisi economica del 1929 e di quanto il settore delle costruzioni venne colpito duramente. L'Empire State Building rimase completamente vuoto per molti anni dopo l'inaugurazione, tuttavia, l'intero investimento iniziale venne recuperato in un solo anno, solo grazie ai visitatori paganti che volevano raggiungere la terrazza panoramica.

### 2.3 Dall'*International Style* alle crisi energetiche degli anni Settanta

Il torpore in cui il mercato immobiliare era caduto in seguito alla crisi del 1929 e gli anni della seconda Guerra Mondiale, cominciò a diradarsi verso la metà del XX secolo. *“Alla confusione di voci si preferisce l’ordinata composizione di masse edilizie tutte uguali e ripetute, se occorre, ma ben proporzionate e ad una opportuna distanza l’una dall’altra”* (Panizza, 1987).

Sono gli anni Cinquanta, quando l’introduzione di impianti di climatizzazione forzata e dell’illuminazione artificiale hanno rimesso in discussione il modello dell’edificio alto raggiunto in precedenza. Insieme alle chiusure di facciata completamente trasparenti, il curtain-wall, tutte queste innovazioni tecnologiche diedero il via ad una nuova generazione di grattacieli, completamente differente da quella precedente. Rinunciando ai dettagli elaborati di facciata, a favore di forme semplici, comincia l’era del grattacielo moderno o dell’*International Style*. Gli spazi di servizio, tra cui gli elementi di comunicazione verticale, trovano definitivamente la propria collocazione al centro dell’edificio all’interno di uno spazio definito e chiuso, il service core.

Seguendo gli schemi e le configurazioni proposte da Mies van der Rohe nella Lever House, nell’IBM Plaza o nel Seagram Building, la nuova generazione di edifici alti si configura in volumi puri, trasparenti, completamente chiusi rispetto all’esterno. Nel 1961, grazie alla revisione della Zoning Law del 1916, venne deciso che se l’edificio non avesse occupato l’intero lotto, creando una piazza o uno spazio pubblico, avrebbe ricevuto una concessione per raggiungere un’altezza maggiore, pari ad una percentuale della superficie lasciata libera.

Come in altri settori, anche in quello ascensoristico l’automazione si era diffusa. Verso la fine degli anni Cinquanta, Otis aveva introdotto il primo sistema di ascensori completamente automatico, dotato di dispositivi elettrici e fotocellule che gestivano i tempi di chiusura delle porte. Inoltre, l’organizzazione in settori, già proposta nel Woolworth Building, era diventata la prassi in edifici molto alti. Un’altra possibile soluzione era stata formulata e utilizzata per la prima volta a Chicago nello Strauss Building e ottimizzata poi nel progetto del World Trade Center (Strakosch & Caporale, 2010). Questa nuova strategia prevede l’organizzazione della torre in settori distinti che fanno riferimento ad una *sky-lobby* o piano di scambio. I passeggeri devono utilizzare un primo ascensore che li conduce direttamente dal piano terra alla *sky-lobby* senza effettuare fermate intermedie, da qui devono poi raggiungere i gruppi di ascensori che effettuano le fermate ai piani del settore di riferimento e che li condurranno a destinazione.

La combinazione di queste strategie di circolazione interna unite alle innovazioni negli altri settori diedero un’ulteriore spinta alla crescita in altezza degli edifici. Di particolare aiuto furono le ricerche condotte da Fazlur Khan, ingegnere strutturale di Skidmore Owings and Merrill. Fino a quel momento gli edifici alti affidavano la propria resistenza strutturale a rigidi telai in acciaio, dove la resistenza alle

spinte orizzontali del vento, fattore critico che influenza moltissimo il comportamento della struttura di un grattacielo, veniva gestito con un sovradimensionamento degli elementi e dei materiali strutturali (Ali M., 2001). Le ricerche condotte da Khan, invece, proponevano un approccio completamente differente con sistemi strutturali innovativi come “*tubes, megaframes, core-and-outriggers, artificially damped structures, and mixed steel-concrete systems*”. Introduce, inoltre, il concetto di premium for height (Ali & Moon, 2007). La struttura di un edificio alto è paragonabile a quella di una mensola incastrata alla base, soggetta ai carichi verticali e alle spine orizzontali dovute al vento e terremoti. Fazlur Khan spiega per la prima volta che lo sforzo cui è soggetta la torre non è costante in tutte la sua elevazione ma aumenta al crescere in altezza dell'edificio. Il risultato è che a mano a mano che l'edificio sale in altezza la sua possibile oscillazione diventa più critica, richiedendo un maggior sforzo agli elementi strutturali perché resistano alle sollecitazioni orizzontali. Secondo Khan le spinte orizzontali devono essere tenute in considerazione per il progetto strutturale già in edifici oltre i 10 piani di altezza; individuando una serie di possibili schemi strutturali in relazione all'altezza delle strutture e ai materiali utilizzati, indicando quale sia il sistema strutturale più adatto in base a queste caratteristiche. Distingue le proposte in interior and exterior structures, a seconda di come sono distribuiti gli elementi portanti.

Il World Trade Center e la Sears Tower hanno segnato l'inizio della sperimentazione degli schemi individuati da Khan, ridando il via alla corsa verso il cielo e alla costante ricerca di realizzare edifici più alti, più grandi e più complessi. L'altezza di riferimento comincia a stabilizzarsi al di sopra dei 200 metri di altezza. Il tipo edilizio dell'edificio alto cominciò a diffondersi anche all'estero, soprattutto in Asia e nel Medio Oriente, dove venne spesso utilizzato per dichiarare la forza finanziaria nei mercati mondiali (Ascher, 2011).

Le crisi energetiche del 1973 e del 1979 spinsero molte nazioni a formulare leggi per limitare e diminuire i consumi energetici degli edifici. settore degli edifici alti, e in generale delle costruzioni, si assiste ad un processo di sensibilizzazione verso queste tematiche intervenendo sia in modo puntuale tramite l'applicazione di sistemi di accumulo e generazione dell'energia, sia cambiando completamente l'approccio al progetto. In questo secondo caso la forma, le dimensioni, l'organizzazione degli spazi e le tecnologie applicate per creare una macchina edificio il più possibile autosufficiente, si pensi, per esempio, al caso rappresentativo della Commerzbank di Francoforte. In questo edificio alto l'articolazione in alzata degli spazi e le soluzioni tecnologiche di facciata e di solaio creano una ventilazione interna naturale che riduce le dispersioni termiche verso l'esterno riducendo l'energia richiesta per la climatizzazione degli spazi.

L'ascensore rimane una delle principali voci di consumo nel bilancio energetico di un edificio alto. In condizioni normali la percentuale di consumo va dal 2% al 10% ma durante i picchi di servizio può raggiungere anche il 40% dei consumi energetici totali dell'edificio (Nemeth 2011). I progressi tecnologici sviluppati nel corso degli anni e

*pagina seguente*

<sup>21</sup>“Quando la cabina dell'ascensore viene caricata con una capacità inferiore o superiore al 50% (cabine che viaggiano in salita solo leggere, in discesa sono pesanti) l'ascensore aziona i freni per mantenere la velocità nominale costante. La frenatura viene fornita consentendo al motore a corrente alternata di funzionare come generatore, convertendo l'energia meccanica in energia elettrica che viene dissipata come calore da speciali resistori di calore. L'unità rigenerativa cattura quell'energia e la canalizza verso l'edificio o la rete elettrica della città”

le nuove soluzioni proposte mirano a ridurre queste percentuali, rendendo anche il settore degli ascensori più sostenibile. Al-Kodmany, professore in progettazione urbana presso l'University of Illinois di Chicago, propone una catalogazione di quelli che sono stati i progressi tecnologici che il settore ascensoristico ha sperimentato in questa direzione.

Le soluzioni innovative sono state sia di tipo meccanico-impiantistico o, come le definisce il professore a livello di *hardware*, oppure ad una scala più ampia che riguardano il funzionamento degli ascensori, definiti appunto *software*.

Le soluzioni *hardware* sono, per esempio, il passaggio dalla corrente alternata alla corrente continua, gli ascensori *gearless* e Machine Room Less (si veda il capitolo precedente), le nuove tecnologie mirate a migliorare le prestazioni delle funi, l'introduzione delle luci a led a basso consumo nelle cabine e i regenerative drivers. *"When the elevator car is loaded less or more than the 50% capacity (travelling up cars are light, or travelling down cars are heavy) the elevator applies brakes to maintain their rated speed. Braking is provided by allowing the AC motor to operate as a generator, converting mechanical energy to electrical energy which is dissipated as heat by special heat resistors. The regenerative drive captures that energy and channels it back to the building or the city power grid"*<sup>21</sup> (K. Al-Kodmany 2015). Sebbene il risparmio energetico dipenda poi dalla lunghezza dei viaggi, dal numero dei viaggi e dalle condizioni di manutenzione del dispositivo, i regenerative drives possono ridurre il consumo energetico anche fino al 40% (De Jong 2008). Tutti progressi che hanno interessato direttamente la macchina e i suoi componenti, migliorando le prestazioni dei singoli a favore di una complessiva riduzione dei consumi energetici.

Per quanto riguarda le soluzioni software, invece, include tutte le soluzioni per una progettazione più consapevole e attenta, che si pone come obiettivo la definizione di un progetto di circolazione efficiente. Le varie soluzioni hanno lo scopo di ridurre al minimo il numero di ascensori necessario a gestire la domanda, accettando dei compromessi di circolazione interna. Per raggiungere questo obiettivo la collaborazione tra progettisti, developer, consulenti ed esperti di traffico è fondamentale.

## 2.4 Lo sviluppo contemporaneo dell'edificio alto

Negli anni a seguire la costruzione degli edifici alti ha registrato un andamento in costante aumento, salvo per qualche battuta di arresto in corrispondenza della crisi immobiliare di fine anni Novanta e del fallimento della Lehman Brothers<sup>22</sup> tra il 2007 e il 2008. Nonostante questo, secondo i dati raccolti ogni anno dal CTBUH<sup>23</sup>, l'andamento del mercato delle costruzioni del settore degli edifici alti ha reagito ed è in piena crescita, come si vede in figura. Tra il 2017 e il 2018 sono state completate 290 torri oltre i 200 metri di altezza. Solo il 2018 conta ben 18 supertall buildings<sup>24</sup>, cioè edifici oltre i 300 metri di altezza (CTBUH, 2017).

Occorre poi tenere a mente che i numeri sopracitati e i dati rappresentati in figura tengono in considerazione le sole torri oltre i

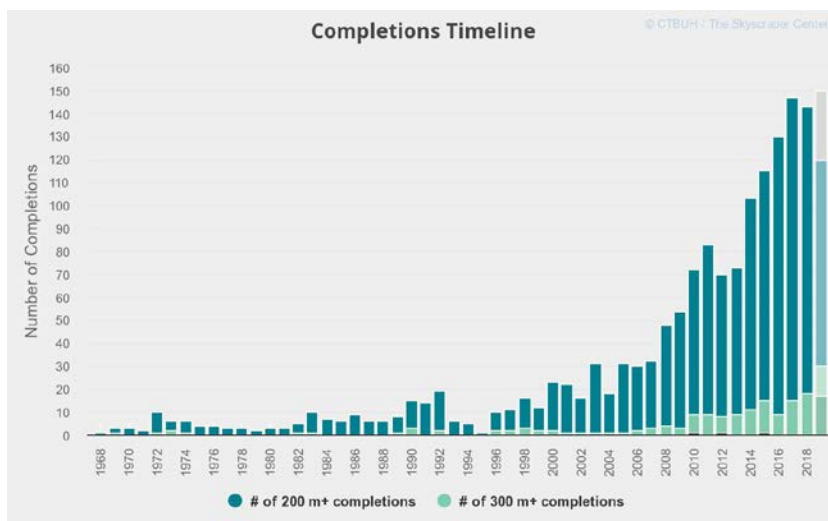
<sup>22</sup> Lehman&Brothers Holdings Inc, fondata nel 1850, era una società di servizi finanziari e, prima di dichiarare fallimento nel 2008, era la quarta più grande banca di investimento negli Stati Uniti dopo a Goldman Sachs, Morgan Stanley, e Merrill Lynch.

<sup>23</sup> Ogni anno il CTBUH pubblica un report che esamina e raccoglie gli edifici oltre i 200 metri di altezza che sono stati realizzati nell'anno in esame. Nel testo si fa riferimento a quello prodotto per l'anno 2018: [www.skyscrapercenter.com/year-in-review/2018](http://www.skyscrapercenter.com/year-in-review/2018)

<sup>24</sup> Il CTBUH ha stabilito gli standard internazionali per misurare e definire gli edifici alti. Secondo il CTBUH, infatti, un *tall building* è relativa, soggetta al raffronto con tre fattori stabiliti: 1. L'altezza dell'edificio in questione rispetto al contesto di riferimento; 2. Le proporzioni dell'edificio in esame rispetto al contesto in cui è inserito, 3. La presenza di tecnologie peculiari, concepite per la costruzione in altezza. Stabilita l'appartenenza dell'edificio alla categoria *tall building*, esso può essere ulteriormente classificato quale *supertall*, nel caso in cui la sua altezza superi i 300 metri, o *megatall*, se supera i 600 metri.

**Figura 10:** Andamento del settore delle costruzioni degli edifici alti dal 1968 al 2018, con una previsione futura. Nel 2017 è stato realizzato il maggior numero di torri oltre i 200 metri di altezza. Il 2018, invece, ha registrato il miglior risultato nella categoria oltre i 300 metri di altezza, indicati in tabella in color verde chiaro.

Fonte: CTBUH/The Skyscraper Center



<sup>25</sup> Lo Skyscraper Center è un database interattivo realizzato e costantemente aggiornato dal CTBUH, in esso sono raccolti tutti i dati e le informazioni riguardanti gli edifici alti: [www.skyscrapercenter.com](http://www.skyscrapercenter.com)

<sup>26</sup> I dati sono stati ottenuti utilizzando il servizio di *interactive data* dello Skyscraper Center. Per poter rendere i dati paragonabili a quelli riportati in figura 1 e nel testo precedente è stato chiesto al database di conteggiare tutti gli edifici alti realizzati e completati dal 1968 a oggi, indicando le due altezze di riferimento: oltre i 150 metri e oltre i 200 metri di altezza

<sup>27</sup> Informazioni e dati sono contenuti nel report *“World Urbanization Prospects 2018. Highlights”* prodotto dalla Population Division del Department of Economics and Social Affairs delle Nazioni Unite: <https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-Highlights.pdf>

200 metri di altezza. Volendo “scendere di quota”, considerando quindi anche gli edifici oltre i 150 metri in altezza, i valori diventano ancora più elevati. Infatti, stando ai dati dello Skyscraper Center<sup>25</sup>, si contano quasi 5.000 edifici oltre i 150 metri di altezza, di cui solo 1.536 superano i 200 metri<sup>26</sup>.

Si ritiene importante sottolineare anche che, stando agli studi statistici condotti da Department of Economic and Social Affairs delle Nazioni Unite, nel 2018 il 55% della popolazione mondiale si è spostata verso i contesti urbani, il che corrisponde ad oltre 4,2 miliardi di persone che vivono in città rispetto ai 3,4 miliardi delle aree rurali<sup>27</sup>. Questo fenomeno di “migrazione” verso le aree urbane è cominciato nel 1950, intensificandosi progressivamente fino a quando *“in 2007, for the first time in history, the global urban population exceeded the global rural population, and since then the number of the world’s city dwellers has continued to grow faster than the rural population. Towards the end of the Agenda for Sustainable Development in 2030, the share of the world’s population living in urban areas is expected to reach 60 per cent. It is projected that by 2050, the world will be more than two thirds urban (68 per cent), roughly the reverse of the global rural-urban population distribution of the mid-twentieth century”*<sup>28</sup> (United Nations, 2018).

Visti i numeri e le previsioni future, costruire in verticale cercando quindi di densificare quanto più possibile i centri urbani, potrebbe essere una soluzione percorribile per i le città del futuro, le Megacities<sup>29</sup>. Per quanto non siano principale oggetto di studio della ricerca in esame, i numeri individuati suggeriscono che il tipo edilizio dell’edificio alto potrebbe assumere un ruolo sempre più importante negli impianti urbani delle città moderne contemporanee e future. Gli abitanti delle Megacities dovranno poi muoversi all’interno delle città utilizzando sistemi di trasporto e circolazione efficienti e la ricerca di nuovi modelli e configurazioni formali degli edifici potrebbe essere sintomatica di questa nuova fase dell’evoluzione del tipo edilizio dell’edificio alto. Infatti, oltre alle torri singole, isolate e “da record” come il Burj Khalifa di Dubai<sup>30</sup>, i progettisti hanno cominciato a proporre edifici dalle forme più complesse, si pensi alla CCTV Tower di Pechino, o a sperimentare la realizzazione di cluster di torri, concepite per formare insediamenti complessi.



## 2.4.1 Le conseguenze dell'11 settembre 2001

Il tragico evento dell'11 settembre 2001 ha avviato importanti riflessioni riguardo la sicurezza e le vie di fuga in caso di emergenza negli edifici alti. Nel 2002 il *National Institute of Standards and Technology (NIST)* ha avviato un'indagine per valutare le dinamiche del disastro e proporre alcune linee guida e proposte di miglioramento nell'ottica della sicurezza antincendio e della progettazione dell'edificio in generale (Sunder, 2004).

Tra i vari punti che sono stati toccati, molti riguardano la progettazione degli ascensori e l'idea di renderli adatti a prendere parte alle operazioni di evacuazione. Le proposte vedono l'inserimento di ascensori antincendio utilizzabili sia dagli operatori per effettuare un soccorso più rapido, sia come via di fuga per gli utenti, o per lo meno per alcune categorie (persone con ridotta capacità motoria per esempio). L'*International Standard Organization (ISO)* ha avviato uno studio a riguardo (CIBSE LIFTS GROUP 2015).

Il crollo delle Torri Gemelle ha chiaramente avviato un'importante autoanalisi delle scelte progettuali condotte negli anni precedenti, portando alla luce il grande problema dell'evacuazione negli edifici alti. Oltre alle soluzioni tecniche e tecnologiche individuate dal NIST o altri enti, anche i progettisti che hanno partecipato al concorso per il nuovo World Trade Center hanno individuato alcune valide soluzioni (**Figura 11**). La maggior parte dei progetti presentati, infatti, propongono la realizzazione di più torri connesse a più livelli tramite l'inserimento di *sky-bridge*, collegamenti in quota, aperti o chiusi rispetto all'esterno.

Il complesso di edifici proposto dal gruppo Meier, Eisenman e Holl consiste in una struttura a griglia composta da tre torri verticali connesse da quattro livelli orizzontali. I progettisti la definiscono una griglia di vuoti e pieni. Gli elementi orizzontali avrebbero ospitato spazi per conferenze, *lobby* e altri servizi pensati per gli abitanti delle torri. Tuttavia, una simile configurazione sarebbe stata particolarmente efficiente in materia di evacuazione perché, come si vede in **Figura 11**,

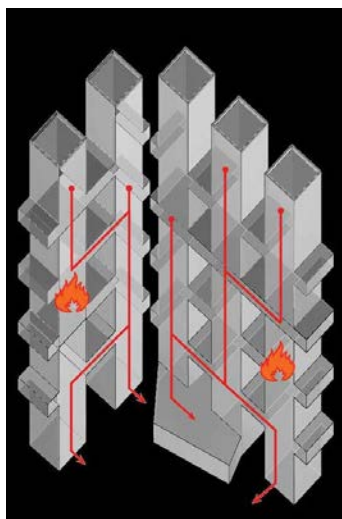
<sup>28</sup> “Nel 2007, per la prima volta nella storia, la popolazione urbana globale ha superato la popolazione rurale, e da allora il numero degli abitanti delle città del mondo ha continuato a crescere più velocemente della popolazione rurale. Verso la fine dell'Agenda per lo Sviluppo Sostenibile 2030, la quota della popolazione mondiale che vive nelle aree urbane dovrebbe raggiungere il 60%. Si prevede che entro il 2050, il mondo sarà più di due terzi urbano (68%), all'incirca il contrario della distribuzione globale della popolazione rurale-urbana della metà del XX secolo.”

<sup>29</sup> Le Nazioni Unite definiscono Megacities gli agglomerati urbani con una popolazione che supera i 10 milioni di abitanti.

<sup>30</sup> Completato nel 2008, il Burj Khalifa è attualmente l'edificio più alto al mondo con 828 metri di altezza.

**Figura 11:** I progetti presentati per il concorso del 2002 per un nuovo World Trade Center presentate da: 1. Meier, Eisenman e Steven Holl; 2. Foster and Partners; 3. United Architects Team e Richard Meier





**Figura 12:** uno schema esemplificativo delle possibili vie di fuga alternative rese possibili dai collegamenti orizzontali nel progetto proposto da Meier, Eisenman e Hool per il nuovo World Trade Center.  
Fonte: eisenmanarchitects.com

<sup>31</sup> “Questi livelli costituiscono un’importante zona di sky-lobby di trasferimento per il Sistema di trasporto verticale, dove gli utenti degli edifici che attraversano la metà superiore della torre cambiano da ascensori a zona alta. Tutti i visitatori e il personale che devono raggiungere i piani sopra il 42esimo devono cambiare ascensori utilizzando questo livello di collegamento. A causa della natura a due piani degli ascensori double deck delle Petronas [...], questa sky-lobby deve essere su due livelli – 41 e 42”

avrebbe permesso una moltiplicazione delle vie di fuga possibili, creando soluzioni alternative per gli abitanti.

Sul medesimo principio si basano anche gli altri progetti (**Figura 11**) che sono stati proposti da vari studi di architettura. I collegamenti orizzontali, tuttavia, non vengono concepiti solo come vie di fuga alternative ma come spazi integrati del progetto, dove gli abitanti possono svolgere varie funzioni. Dalle terrazze panoramiche esterne dove vengono installate aree verdi a spazi chiusi al cui interno si trovano vari servizi.

L’idea di collegare gli edifici in orizzontale per creare qualcosa di diverso era già stata avanzata in precedenza ma, fino al tragico evento dell’11 settembre, sembrava potesse essere un evento isolato e fine a sé stesso. Si tratta del progetto delle Petronas Towers di Kuala Lumpur, Malesia, completate nel 1996. Le due torri alte collegate da uno skybridge richiama l’idea di un portale che, nell’immaginario locale, rappresenta l’ingresso della città nel mercato finanziario mondiale.

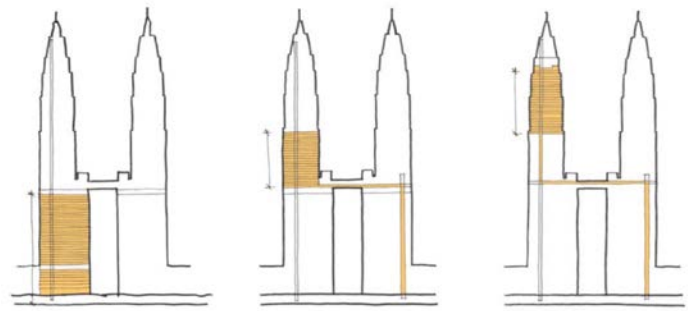
L’elemento chiave del progetto è ovviamente lo skybridge: “These levels make up a major ‘sky-lobby’ elevator change-over zone, where building occupants traversing the upper half of the tower change from low-one to high-zone elevators. All visitors and staff requiring floors above 42nd floor have to change elevators at this sky lobby level. Due to the double-deck nature of the Petronas elevators [...], this sky lobby also needs to occur across two levels – 41 and 42”<sup>31</sup> (Wood, 2011).

Gli impiegati che lavorano all’interno delle torri devono utilizzare questo ponte per potersi spostare da una torre all’altra, nel caso ve ne fosse bisogno. Inoltre, il ponte assume un ruolo fondamentale e del tutto nuovo nella progettazione delle vie di fuga dell’edificio. Infatti, connettere le due torri ha permesso di duplicare le vie d’accesso ma anche quelle di fuga. “thanks to this bridge the footprint of the elevators shafts is reduced as, effectively, the two towers work together and the circulation system is “unique.” The building evacuation has been divided into 4 different zones:

- Low zone (ground floor to 37<sup>th</sup>): traditional fire stairs,
- Middle zone (from 40<sup>th</sup> to 60<sup>th</sup>): from 60<sup>th</sup> to 41<sup>st</sup> traditional fire stairs, people have then to cross the 41<sup>st</sup> level of the bridge and they should use the shuttle elevators in the other tower to reach the ground floor,
- High zone (from 61<sup>st</sup> to 77<sup>th</sup>): from 77<sup>th</sup> to 42<sup>nd</sup> traditional fire stairs, people have then to cross the 42<sup>nd</sup> level of the bridge and they should use the shuttle elevators in the other tower to reach the ground floor,
- Top zone (from 78<sup>th</sup> to 86<sup>th</sup>): as with High zone”<sup>32</sup> (Wood, 2011).

#### 2.4.2 Verso nuove tendenze: gli sky-bridge

L’11 settembre ha portato alla luce quello che potrebbe essere definito un “collo di bottiglia” nel processo evolutivo del binomio edificio alto – ascensore. Il movimento verticale dell’ascensore ha da sem-



pre influenzato la forma del grattacielo, per quanto possano crescere in altezza si tratta sempre di una ripetizione verticale di piani sovrapposti. Di conseguenza, i grattacieli sono tipicamente costruiti come unità individuali, che emergono dalla rete urbana con un solo modo per accedere ai loro piani superiori. Il flusso di persone che si muovono dalla città all'edificio alto si affida completamente al sistema di ascensori. Questa tecnologia è rimasta, come si è visto, praticamente immutata da quando è stata resa sicura da Otis oltre 160 anni fa, ma ha comunque profondamente caratterizzato l'evoluzione del tipo edilizio. Tuttavia, i collegamenti tra gli edifici alti a creare città complesse, interconnesse e dinamiche è sempre stata un'idea latente nell'evoluzione del tipo edilizio dell'edificio alto. Visioni futuristiche, e all'epoca considerate utopiche, di città connesse a vari livelli da ponti pedonali o addirittura ferroviari sono numerose. Pochi anni prima della realizzazione del Woolworth Building Moses King propone e raffigura la sua personale visione della Cosmopolis of the Future (King, 1980), che propone un'ideale futura New York caratterizzata appunto da questo groviglio di connessioni a più livelli che rendono la città un tutt'uno, un organismo complesso in costante relazione (**Figura 15**). Anche Harvey Wiley Corbett, sempre nei primi anni del Novecento, presenta la sua visione di New York futura che potrebbe avere una maggiore attenzione verso piena valorizzazione delle interconnessioni a tutte le altezze e tra i vari edifici.

Le sperimentazioni e le ricerche in questa direzione si sono concretizzate solo in seguito al tragico evento dell'11 settembre ma, oggi, gli edifici che hanno fatto dei collegamenti orizzontali il loro punto forte sono sempre più frequenti. Già nel 2001, l'hotel Marriott Apartments a Dubai e l'edificio per uffici Vienna Twin Towers propongono due alternative differenti. Nell'hotel di Dubai il collegamento avviene agli ultimi piani e funge soprattutto come punto di osservazione della città. Nel caso della torre austriaca, invece, i vari collegamenti a piani differenti facilitano la comunicazione e la circolazione interna all'edificio in modo funzionale.

Gli *sky-bridge* sono passati dall'essere semplici collegamenti pedonali a spazi attrezzati in cui lavoratori o residenti possono svolgere attività utili alla loro quotidianità e alla socializzazione. Un esempio molto interessante, procedendo in ordine cronologico, è sicuramente il

**Figura 13:** Il ponte di collegamento pedonale tra le due torri del complesso delle Petronas Towers di Kuala Lumpur.

Fonte: Wood and Safarik, 2019

**Figura 14:** Le tre sezioni in cui è organizzato il sistema di circolazione interno delle Petronas Towers. Lo schema evidenzia il contributo dello sky-bridge che permette di passare da una torre all'altra.

Fonte: Wood, 2004

pagina precedente

<sup>32</sup> "grazie a questo ponte l'impronta dei vani degli ascensori è ridotta in quanto, effettivamente, le due torri lavorano insieme e il sistema di circolazione è "unico." L'evacuazione dell'edificio è stata suddivisa in 4 diverse zone: - Zona bassa (dal piano terra al 37°): scala antincendio tradizionale, - Zona centrale (dal 40° al 60°): dal 60° al 41° scala antincendio tradizionale, le persone devono quindi attraversare il 41° livello del ponte e utilizzare gli ascensori a navetta dell'altra torre per raggiungere il piano terra, - zona alta (dal 61° al 77°): dal 77° al 42° scala antincendio tradizionale, le persone devono quindi attraversare il 42° livello del ponte e utilizzare gli ascensori a navetta dell'altra torre per raggiungere il piano terra, - Zona superiore (dal 78° al 86°): come per la zona alta"

Linked Hybrid realizzato nel 2009 su progetto di Steven Holl. Si tratta di un complesso di 7 torri tra i 45 e i 66 metri di altezza collegate da vari skybridges di dimensioni e funzioni differenti.

Gli spazi orizzontali creati dai ponti di collegamento creano una sorta di “strada orizzontale” interna, come se una porzione di città, costituita da vie di circolazione e servizi annessi, fosse stata portata in quota ed integrata all'interno del complesso di edifici. Si può dire che questa “strada” faccia parte del sistema di circolazione interno dell'edificio. Essa funziona in stretta relazione con il sistema di trasporto verticale delle singole torri. È vero, il flusso orizzontale è di tipo pedonale mentre quello verticale, rappresentato appunto dagli ascensori più convenzionali, è automatizzato. Tuttavia la loro coesistenza non fa altro che dare un plus valore a questo progetto, rendendolo più dinamico, stratificato e complesso, nonché più funzionale.

Un'altra interpretazione di questi collegamenti viene proposta nel progetto del Marina Bay Sands Hotel di Singapore. Si tratta di tre torri di circa 200 metri d'altezza che vengono collegate da una piscina



*Figura 15: La visione futuristica della città di New York sviluppata da Moses King.  
Fonte: King, 1980*



**Figura 16:** *Linked Hybrid* progettato da Steven Hall. Lungo il ponte di collegamento si trovano diverse funzioni a servizio sia degli abitanti sia di utenti esterni.

Fonte: CTBUH

lunga oltre 150 metri collocata sulla cima delle tre torri, come se fosse il coronamento finale, la copertura comune. Tale proposta è altrettanto interessante. Inoltre, fa riflettere sul fatto che, anche in passato ma forse ancor di più oggi, la qualità dello spazio viene cercata in luoghi collocati in alto, lontani dalla confusione delle strade. Peccato che, spesso, per raggiungere questi luoghi sempre più presenti all'interno degli edifici occorra attendere piano terra, all'ingresso di queste torri, dove infinite code di persone in attesa degli ascensori, unico strumento che possa permettere loro di raggiungere tali luoghi.

Questa strategia comincia ad essere applicata con successo anche nell'edilizia residenziale ad alta densità abitativa. Edifici come il *Pinnacle@Duxton*, *Sky Habitat* o lo *SkyVille@Dawson* cercano di dare una qualità di vita di un certo livello sebbene si tratti appunto di esempi di edilizia popolare a basso costo. Interessante è che questo "upgrade" della qualità di vita all'interno degli edifici non venga più realizzato a livello del suolo ma venga invece ricercato e perseguito lungo tutta l'estensione degli edifici creando appunto questi ponti di connessione. Luoghi di sosta comuni che replicano quello che potrebbe accadere al

**Figura 17:** Sulla sinistra il *Pinnacle@Duxton* e sulla destra *SkyVille@Dawson*, entrambi a Singapore.

Fonte: CTBUH



<sup>33</sup> *“Dimostra drammaticamente la reale opportunità che gli edifici alti hanno per creare spazi urbani di qualità in altezza, se solo si potesse abbattere il nostro preconcepito di progettare grattacieli come individuali icone scollegate”*

pian terreno ma che, forse perchè più vincolati o perchè beneficiati da panorami pur sempre affascinanti, risultano essere un elemento vincente e determinante per il successo del progetto dell'edificio alto.

L'Interlace è forse l'edificio quello più adatto per riassumere e rappresentare questa nuova tendenza nel design edificio alto: *“The Interlace is far beyond being just a worthy winner of the inaugural Urban Habitat award,”* afferma Antony Wood, direttore esecutivo del CTBUH. *“It demonstrates dramatically the real opportunity tall buildings have for creating quality urban space at height, if we can only break down our preconception of designing skyscrapers as standalone, unconnected icons”*<sup>33</sup> (Robinson & Wood, 2014).

Queste nuove configurazioni formali e modelli di edifici alti, molto più attenti, rispetto al passato, al voler creare spazi di qualità per gli abitanti dell'edificio e porre maggiore attenzione all'inserimento nel contesto urbano di inserimento. Viene da chiedersi se e come il sistema di circolazione interna degli edifici di questa nuova generazione possa reagire rispetto a questa nuova tendenza che mira a creare edifici più complessi, più inseriti nel territorio e più connessi con il tessuto urbano di riferimento.

**Figura 18:** Vista dall'alto dell'Interlace di Singapore, questa immagine mostra l'articolazione del complesso e il modo in cui esso si inserisce nel contesto.

Fonte: CTBUH







220

210

200

190

180



### 3. Sistemi di circolazione negli edifici alti

Questo capitolo presenta gli aspetti fondamentali che si devono tenere in considerazione quando si progetta un sistema di trasporto verticale in un edificio alto.

La prima parte del capitolo si focalizza sul fattore che più di tutti condiziona il progetto di circolazione: il passeggero. Esso stabilisce i limiti prestazionali e i requisiti minimi di qualità e confort del servizio che viene progettato. Sempre il passeggero stabilisce la domanda di traffico rappresentata dal flusso di traffico giornaliero che un sistema ascensore deve essere in grado di gestire nell'arco della giornata.

La seconda parte del capitolo sottolinea quanto sia importante che un sistema ascensore non sia sovradimensionato ma che al contrario occupi il minor spazio possibile, assicurando però la massima efficienza. Si tratta di un gioco di equilibrio sottile tra le alte prestazioni che vengono richieste e il minimo ingombro che deve essere previsto, a favore degli spazi serviti. Per raggiungere tale obiettivo le cabine necessarie devono essere organizzate in modo efficiente e funzionale in pianta, come si vedrà, ed è importante che la loro collocazione all'interno del distributivo dell'edificio non venga data per scontata. Ancora nell'ottica di ridurre al minimo lo spazio dedicato agli ascensori vengono presentate le diverse alternative di *dispatching*, inteso come modalità di circolazione verticale, che sono state sviluppate negli anni per assicurare un servizio efficiente anche negli edifici alti più complessi.

La parte finale del capitolo presenta brevemente le diverse soluzioni di manovra possibili.

L'obiettivo è quello di capire come funziona un sistema di circolazione verticale in un edificio alto, per capirne esigenze, criticità e alternative possibili. Le informazioni raccolte sono state di grande aiuto per lo svolgimento delle fasi successive della ricerca. Si ritiene per tanto utile riportare quello che è stato imparato e analizzato.

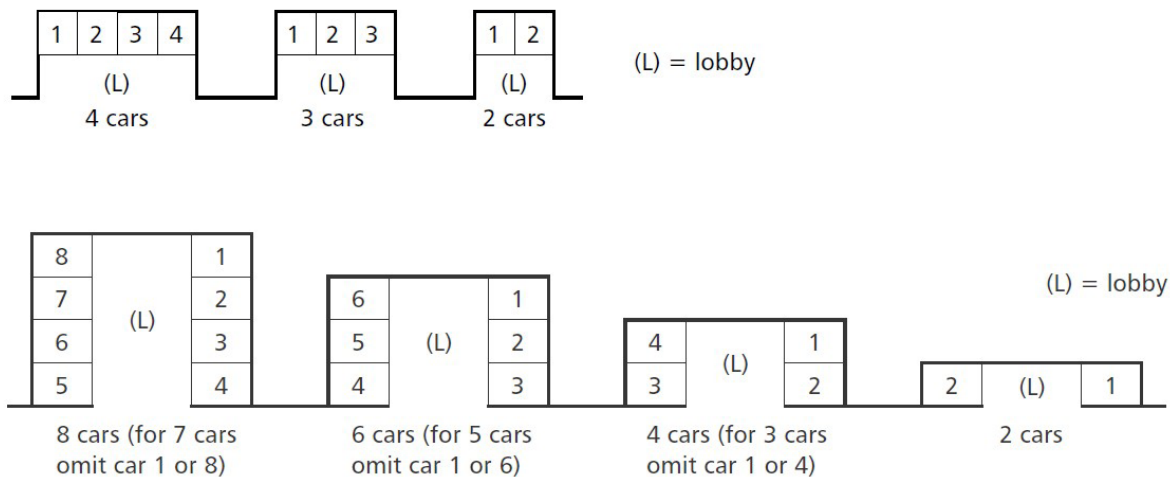
### 3.1 I principi della circolazione interna in un edificio

Progettare un sistema di circolazione interna di un edificio, sia esso alto o meno, è un processo molto complesso, che deve tenere in considerazione moltissimi fattori. Tra questi è di fondamentale importanza valutare correttamente la quantità di persone che si muoveranno all'interno dell'edificio. Si parla, di solito, di popolazione o di volume di traffico da gestire, intendendo il numero di utenti che entreranno, circoleranno e usciranno dall'edificio. Riuscire a valutare questo fattore nel modo più attendibile possibile è fondamentale per poter dimensionare correttamente tutti gli spazi che costituiranno il progetto di circolazione, dall'ingresso principale dal piano terra, ai corridoi di distribuzione e agli spazi di attesa e agli elementi di comunicazione, intesi come scale, rampe e ascensori. La definizione degli elementi di circolazione deve sempre essere considerata in relazione alle caratteristiche dell'edificio, per questo motivo una stretta collaborazione tra progettisti, architetti, tecnici e esperti di traffico verticale è auspicabile sin dalle primissime fasi di progetto.

Nel caso degli edifici alti, più che in altre tipologie di manufatti, il corretto dimensionamento degli ascensori è fondamentale per assicurare un efficiente funzionamento dell'edificio. Per poter procedere al dimensionamento è importante aver definito il programma funzionale del progetto, per capire quali siano le esigenze e i requisiti di qualità da rispettare. Per esempio, un edificio alto ad uso residenziale ad alta densità abitativa avrà esigenze e requisiti di circolazione differenti da una torre che ospita appartamenti di lusso.

Tuttavia, la difficoltà di stimare un progetto ascensoristico non sta tanto nell'individuare le corrette *performance* che l'impianto dovrebbe avere, quanto piuttosto capire, stimare e raggiungere quelle che sono le aspettative dei passeggeri. Si dovrebbe infatti sempre cercare di tenere in considerazione l'imprevedibilità del comportamento degli utenti e le loro mutevoli esigenze nell'arco della giornata. Si tratta di una variabile molto complessa da gestire, poiché gli utenti possono avere comportamenti differenti, esigenze diverse (anche in termini di mo-

**Figura 1:** Diverse soluzioni di disposizioni a seconda del numero di cabine di un impianto ascensore.  
CIBSE Guide D, 2015

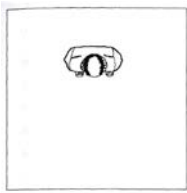
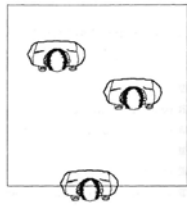
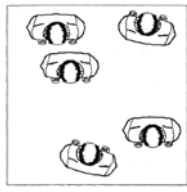
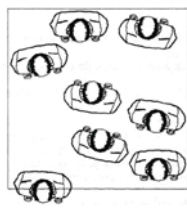



bilità ridotta permanente o temporanea), tempi di transito e percorrenza variabili. Visto la componente mutevole di questo fattore di progetto, in fase di definizione si devono vagliare tutte le possibili alternative di circolazione, prima di individuare quella più adatta alle esigenze specifiche. Infatti, si deve procedere considerando tutti i percorsi possibili, includendo quelli principali, quelli secondari, le vie di fuga, per verificare che la soluzione finale sia quella più efficiente e razionale, di facile intuizione per gli utenti. Importante è cercare di ridurre al minimo i tragitti che gli utenti devono seguire. Da queste necessità deriva anche la logica nell'articolazione degli spazi e delle diverse funzioni ospitate nell'edificio. Spazi e servizi devono essere organizzati in modo efficiente, secondo una successione logica che ne consenta un uso efficiente e funzionale (Barney 2003).

L'obiettivo principale è quello di garantire la sicurezza dei passeggeri. Buona parte delle scelte di progetto sono vincolate dagli standard e dai regolamenti vigenti. Tuttavia, un passeggero che utilizza un ascensore non deve solo "essere sicuro" ma deve "sentirsi sicuro": *"passengers may feel confident about the way they are handled"*<sup>1</sup> (Barney 2003). La sicurezza di un impianto si misura anche nella dimensione non solo della cabina ma anche degli spazi di pertinenza come corridoi per raggiungere gli ascensori, aree di attesa per la salita e la discesa prospicienti le cabine e così via. La percezione di comfort può variare a seconda di molteplici fattori tra cui cultura, età, ruolo, eventuale presenza di disabilità, e al progetto stesso della cabina. Un'attenta scelta delle finiture, dei materiali, dei colori, delle luci previste per la cabina possono influenzare in positivo o in negativo la percezione dell'utente. Non si tratta solo di dimensionare gli spazi perché siano sufficienti ad accogliere e permettere il corretto svolgimento delle funzioni previste ma anche di trasmettere agli utenti una condizione di comfort, sicurezza e attenzione nei loro confronti sulla base del fatto che l'essere umano, e di conseguenza il passeggero, attribuisce un valore allo spazio personale. La **Tabella 1** propone una classificazione dei vari livelli di densità di occupazione degli spazi di attesa, come potrebbe essere quello di una cabina o l'area di attesa da prevedere di fronte alle porte degli ascensori. La figura schematizza i vari livelli di densità di occupazione che vengono solitamente tenuti in considerazione per il dimensionamento degli spazi di pertinenza. I valori riportati rappresentano degli indici di riferimento e rappresentano livelli di qualità e percezione dello spazio da parte degli utenti.

Oltre alla percezione di comfort si devono considerare i limiti fisiologici che dipendono dalla natura umana. I passeggeri, all'interno della cabina, non percepiscono la velocità di moto ma soffrono dei cambi di pressione dell'aria che si verificano in fase di accelerazione o decelerazione dello spostamento e il valore (indicato in inglese con il termine *jerk*) del cambio di velocità. Se questi fattori non rientrano al di sotto di certi limiti massimi, i passeggeri potrebbero accusare un fastidio (o nel peggiore dei casi un vero e proprio dolore) all'interno dell'orecchio (Ascher 2011). Per ovviare all'insorgere di questo problema le varie fasi di moto di un ascensore devono essere costantemente

<sup>1</sup> *"i passeggeri devono sentire di poter avere fiducia nel sistema che li trasporta"*.

Livello di densità	Descrizione	Rappresentazione grafica
Desiderabile 0,4 pers/m <sup>2</sup>	Permette agli individui di camminare dove vogliono o di sostare in piedi in un punto senza nessun tipo di interferenza con altri individui.	
Confortevole 1,0 pers/m <sup>2</sup>	Permette agli individui di camminare, accettando alcune deviazioni, dove vogliono andare e di sostare in piedi in un punto senza nessun tipo di interferenza con altri individui.	
Consistente 2,0 pers/m <sup>2</sup>	Gli individui che camminano devono ora fare attenzione a non scontrarsi con altre persone e gli individui che sostano in piedi sono consapevoli della presenza di altre persone.	
In affollamento 3,0 pers/m <sup>2</sup>	È possibile camminare seguendo il flusso e facendo attenzione all'andamento della folla. Ci sono poche o nessuna possibilità di un flusso inverso e gli individui che sostano sono assolutamente consapevoli della presenza di altri individui.	
Affollato 4,0 pers/m <sup>2</sup>	Camminare è praticamente impossibile. Gli individui che sostano in piedi non sono felici della così stretta vicinanza con altri individui. Questo livello di densità si verifica solo se le persone stanno in spazi confinati, come una cabina di ascensore, o in un treno di transito.	

**Tabella 1:** Diversi livelli di densità di occupazione in spazi di attesa, come potrebbe essere una cabina di ascensore. Fonte: Barney, 2003. La figura rappresenta tramite illustrazioni schematiche i diversi livelli di densità descritti in Tabella 1. L'area individuata può essere intesa come lo spazio della cabina o dell'area di attesa di fronte alle porte ascensori, dove gli utenti attendono l'arrivo e che devono percorrere per raggiungere i vari servizi presenti al piano di destinazione.

Fonte: rielaborazione da Barney, 2003

monitorate e tenute al di sotto dei limiti calcolati e ritenuti accettabili per l'utente.

Infine, un altro indice di un buon progetto di circolazione interna di un edificio alto (ma non solo) riguarda il fattore tempo. Se il passeggero raggiungerà la propria destinazione nel minor tempo possibile sarà soddisfatto del servizio, per quanto tale giudizio sia altamente soggettivo e influenzabile da moltissime variabili. Le principali misure di tempo che devono essere tenute in considerazione al momento della progettazione, in quanto indici di qualità del sistema, sono le seguenti:

- *Average waiting time* o tempo medio di attesa: si calcola dal momento in cui l'utente effettua la chiamata fino all'arrivo di una cabina. Si assume che in un edificio per uffici il tempo di attesa medio non dovrebbe superare i 30 secondi, mentre in un edificio residenziale gli utenti sono disposti ad accettare fino a 60 secondi di attesa;
- *Average travel/transit time* o tempo medio di viaggio: il tempo che il passeggero trascorre all'interno della cabina fino ad arrivare a de-

stinazione. Questo fattore di tempo dipende soprattutto da: modello di servizio scelto per l'impianto e altri passeggeri. La misura di questo tempo è del tutto probabilistica, poiché è impossibile prevedere, per esempio, quante fermate al piano (sia per far scendere che per far salire altri passeggeri) quella cabina dovrà effettuare. Per questo, la scelta della strategia di servizio, che sarà trattata in seguito, è un elemento importante per la progettazione di un sistema di trasporto efficiente. In generale si assume come tempo massimo di 90 secondi;

- *Passenger average time to destination* o tempo medio di arrivo a destinazione: il tempo che intercorrere dall'apertura delle porte al piano di chiamata fino alla riapertura al piano di destinazione. Non è un valore fondamentale per il dimensionamento di un impianto, tuttavia, può essere considerato un indicatore di qualità. Viene calcolato sulla base del tempo medio di attesa;
- *Passenger average journey time* o tempo medio di durata del viaggio: questo fattore è un tempo complessivo che dal momento in cui l'utente effettua la chiamata fino all'arrivo a destinazione.

### 3.2 L'importanza della corretta valutazione del *people flow*

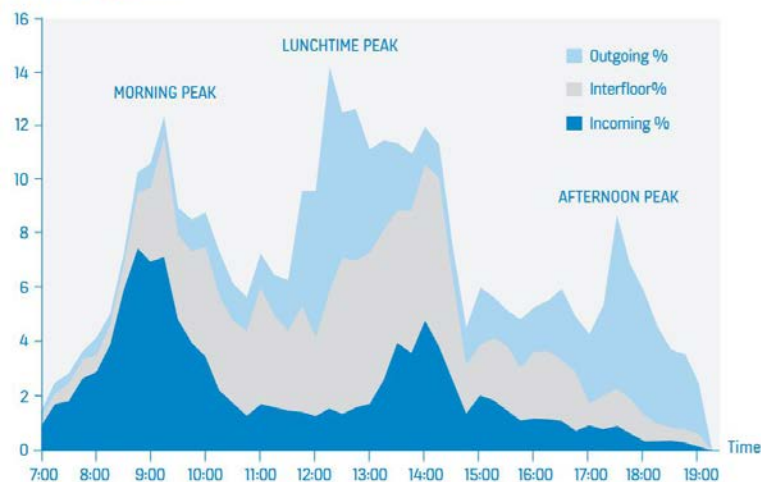
Individuati gli indici di qualità che il progetto di circolazione interna deve raggiungere e definito il programma funzionale dell'edificio è possibile approcciare il dimensionamento degli ascensori per via analitica. Per farlo occorre valutare quali siano le caratteristiche del flusso di persone, o *people flow*, del progetto in esame. Definire il *people flow* significa analizzare l'andamento della domanda da parte degli utenti dell'edificio durante l'arco della giornata. Essa varia a seconda della destinazione d'uso del grattacielo (o dell'edificio in generale). Infatti, a seconda che si tratti di un edificio per ufficio, un hotel o una torre residenziali, la domanda di traffico sarà più o meno intensa in differenti momenti della giornata.

I grafici riportati nelle figure seguenti rappresentano l'andamento del *people flow* in edifici per uffici. La **Figura 2** riporta la domanda in un edificio *single-tenant* con orari di lavoro stabiliti e comuni a tutti i dipendenti, la **Figura 3**, invece, l'andamento del flusso di traffico in un edificio *multi-tenant*, occupato cioè da differenti aziende che hanno, come si può intuire, turni di lavoro differenti.

Come si può vedere dalle figure si riconoscono tre momenti di picco della domanda di traffico:

- *Morning uppeak*: la mattina, quando gli utenti raggiungono l'edificio per recarsi sul proprio posto di lavoro, il sistema ascensore registra un picco di chiamate in salita. Sia in edifici *single-* che *multi-tenant* questo è il picco peggiore da gestire perché non solo è molto alto ma si concentra in un periodo di tempo ridotto e deve essere smaltito in modo rapido ed efficiente.
- *Evening down peak*: la sera, al termine della giornata lavorativa,

% of building population



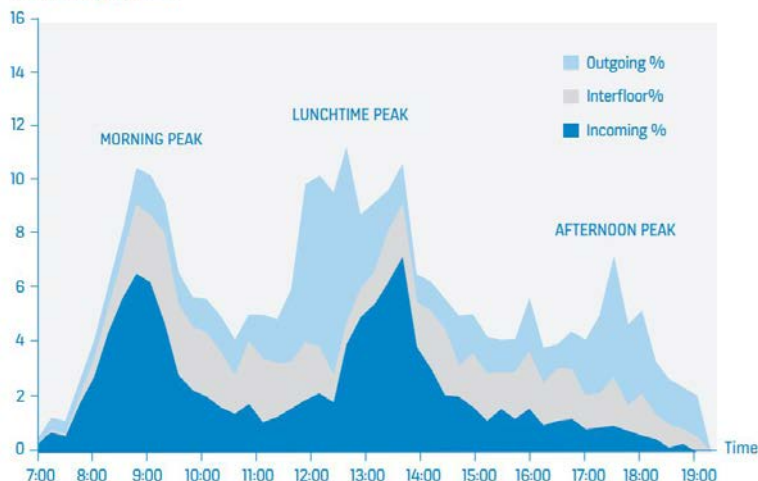
**Figura 2:** Il grafico in figura rappresenta l'andamento del flusso di traffico in un edificio per uffici che ospita una sola azienda, detto anche *single-tenant*, con orari di lavoro comuni a tutti i dipendenti. Nel caso di edifici di questo tipo il traffico interpiano (in grigio nell'immagine) è abbastanza consistente e deve essere tenuto in considerazione in fase di dimensionamento.

Fonte: KONE

**Figura 3:** Il grafico in figura rappresenta l'andamento della curva di domanda di traffico giornaliero in un edificio per uffici che ospita aziende differenti, detto anche *multi-tenants*, ognuna delle quali ha orari di lavoro diversi, flessibili.

Fonte: KONE

% of building population



gli utenti devono uscire dall'edificio e questo risulta in un aumento della domanda in discesa. Il picco in discesa risulta minore di quello in salita della mattina perché, soprattutto in edifici con orari di lavoro flessibili, i dipendenti possono non dover uscire tutti nello stesso momento;

- *Two way traffic (o lunchtime peak):* questa sequenza della domanda si registra in corrispondenza dell'orario della pausa pranzo e dipende dalla programmazione della giornata adottata dai lavoratori. Nel caso della figura la pausa si organizza in due fasce orarie differenti, dalle 12.00 alle 13.00 e, una successiva, dalle 13.00 alle 14.00. Questo si rispecchia in un traffico in discesa e in salita, da qui il termine *two way*, meno intenso di quelli del mattino e della sera poiché la popolazione della torre viene divisa nei due turni. Questo tipo di programmazione ottimizza il servizio del sistema di trasporto, distribuendo la domanda in un tempo maggiore.

Infine, non meno importante, si deve considerare anche l'*inter-floor traffic*: il traffico interpiano. Non viene sempre considerato come fattore determinante nel dimensionamento di un impianto di ascensori tuttavia, in alcune tipologie di edifici, si deve fare attenzione. Nel caso di edifici *single-tenant*, per esempio, il traffico interpiano è abbastanza consistente, dovendo permettere ai dipendenti di raggiungere altri uffici, collocati su piani differenti, senza perdere troppo tempo.

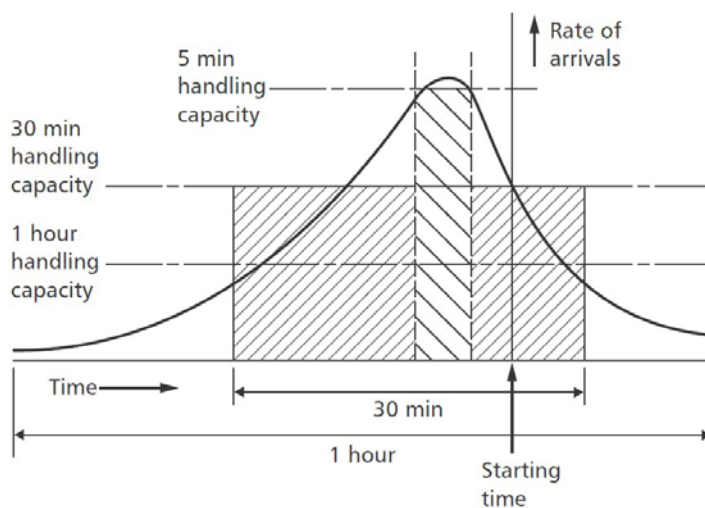
In edifici che ospitano funzioni differenti, anche l'andamento del *people flow* cambia, per quanto sia sempre possibile individuare dei momenti di picco della domanda. Per esempio, nel caso di un edificio alto a destinazione residenziale il picco è sempre al mattino ma in discesa e dipende molto dalla densità abitativa e della tipologia delle residenze (numero di abitanti previsti per piano). In un edificio residenziale, il traffico interpiano si verifica raramente, solo nel caso in cui ci siano piani di servizio ad uso degli abitanti per esempio palestre, spa, lavanderie comuni e così via. In un hotel, invece, il picco della domanda si verifica la mattina in direzione della sala colazione, dove la maggior parte degli ospiti si recherà negli orari a loro disposizione e in corrispondenza degli orari in cui si deve lasciare la stanza.

La corretta individuazione e valutazione dei picchi di domanda è fondamentale poiché il dimensionamento dell'impianto ascensore si basa su di esso. Si deve tenere a mente che l'obiettivo è individuare il

numero minimo di cabine che possa soddisfare in modo efficiente la domanda di traffico. Per questo motivo, l'impianto viene dimensionato in relazione al momento più critico della domanda. Nel caso di un edificio per uffici, come si è visto, il picco si verifica appena pochi minuti prima dell'inizio dell'orario di lavoro del mattino, quanto la maggior parte della popolazione raggiunge l'edificio e si aspetta di poter raggiungere il proprio ufficio in tempo. La **Figura 4** riporta proprio la curva di domanda in corrispondenza dell'orario di arrivo degli utenti.

Si assume che un progetto di ascensore è efficiente se è in grado di gestire il numero di passeggeri che richiedono il servizio durante i 5 minuti più intensi del picco di traffico, da qui il termine: *5-minutes handling capacity*. Il tempo di riferimento è circoscritto a pochi minuti perché se venisse considerata l'intera domanda di carico (corrispondente alla curva in figura) gli impianti risulterebbero essere sovradimensionati, riducendo così il grado di efficienza dell'intero progetto. Non è obiettivo di questa trattazione dilungarsi sulle modalità di calcolo e dimensionamento di un impianto di ascensori, per cui si rimanda alle trattazioni di Gina Barney o ai contributi dei vari esperti di traffico contenuti nella CIBSE Guide D, testo di riferimento di settore, cui hanno contribuito molti esperti.

Oggi il dimensionamento e il controllo del progetto di traffico verticale vengono spesso gestiti tramite l'utilizzo di software di calcolo che permettono di creare delle vere e proprie simulazioni di traffico. Tra i più diffusi, e relativamente recenti, c'è ELEVATE sviluppato da Richard Peters<sup>2</sup>, che nel 1997 fonda a Londra la Peters Research che si occupa di fornire assistenza e formazione a chi utilizza il software Elevate e servizi supplementari tra cui revisione dei progetti e creazione di sondaggi e monitoraggi di impianti installati (Peters 1997). Elevate<sup>3</sup> viene utilizzato per definire le capacità e le prestazioni che un impianto ascensori deve avere sulla base delle caratteristiche specifiche dell'edificio in esame. Viene applicato sia per il dimensionamento di impianti in edifici da realizzare sia nel caso di intervento sul costruito, per valutare come poter eventualmente migliorare il servizio. Il software,



<sup>2</sup> Richard Peters è professore presso l'Università di Northampton, è l'autore di Elevate, software per l'analisi del traffico e la simulazione e fornisce servizi di consulenza riguardo i processi di analisi, gestione e dimensionamento degli impianti ascensori. L'autore ha frequentato un corso di formazione tenuto da Peters a Londra per imparare ad utilizzare il software Elevate.

<sup>3</sup> La dottoranda ha seguito il corso di formazione di due giorni dedicato a ingegneri, consulenti e altri professionisti che devono progettare un impianto ascensori per nuovi edifici o ammodernamenti e per valutare le prestazioni degli impianti esistenti utilizzando Elevate. Il corso, di due giorni, si è tenuto a Londra il 16 e 17 marzo 2017.

**Figura 4:** Il profilo di dettaglio della curva della domanda in corrispondenza del picco in salita della mattina che si registra in un edificio per uffici.

Fonte: Barney, 2003

quindi, sulla base dei dati di input elabora delle simulazioni utilizzando degli schemi di traffico precaricati e memorizzati (sulla base delle curve delle domande che sono state prima presentate in questo capitolo), l'output si compone di grafici e vere e proprie simulazioni animate che ripropongono il funzionamento del sistema di trasporto verticale. La lettura dei grafici, comparandoli con esempi di riferimento, permette di capire se il sistema ipotizzato sia efficiente o meno ed eventualmente dove e come andare a migliorarlo. I dati di input, riguardano sia le caratteristiche delle cabine e del servizio sia dell'edificio. Infatti, all'inizio, viene richiesto di ipotizzare un certo numero di cabine e le loro caratteristiche (dimensioni, velocità, tempi di apertura delle porte, e così via) e, in secondo luogo, di esplicitare come il sistema deve funzionare, indicando quindi il numero di piani, l'altezza interpiano, i piani che le cabine devono e non devono servire, il piano di carico principale e, molto importante, la popolazione attesa per ogni singolo livello del progetto. I dati di confronto, inoltre, possono essere personalizzati a seconda delle esigenze specifiche di progetto andando a modificare le matrici di calcolo.

### 3.3 L'organizzazione in pianta degli ascensori

Individuato il numero di cabine necessario per servire il flusso di traffico atteso occorre poi stabilire dove collocarle rispetto alla pianta dell'edificio e come organizzarle. Tenendo a mente che il servizio deve essere reso il più efficiente possibile per gli utenti, la letteratura sostiene che se un edificio necessita più di un ascensore, tutte le cabine devono essere raggruppate in modo efficiente per occupare il minor spazio possibile nel distributivo di un edificio alto. William Lewis, esperto del settore ascensoristico e uno dei primi editori di Elevator World, afferma che *"two elevators are a system, one is a toy"*<sup>4</sup> (Strakosch e Caporale 2010).

<sup>4</sup> "due ascensori sono un sistema, uno è un giocattolo"

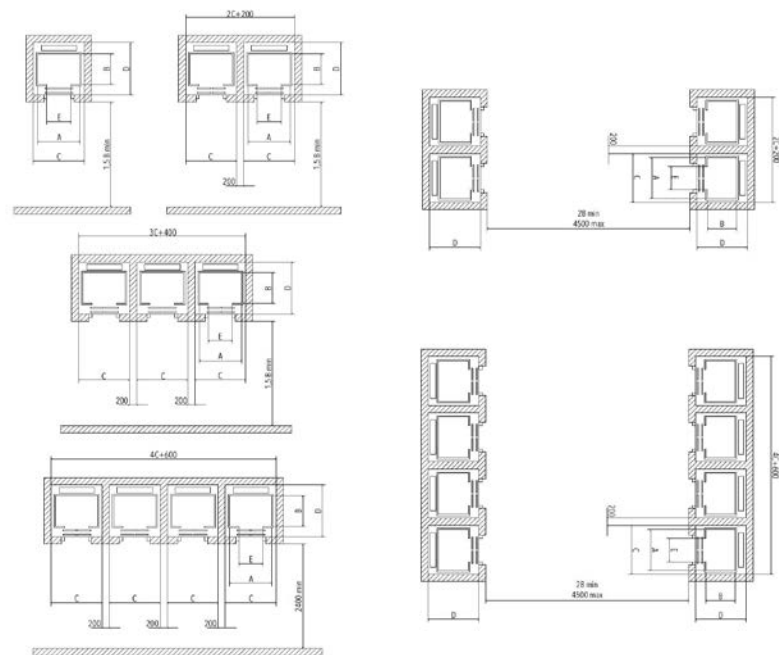


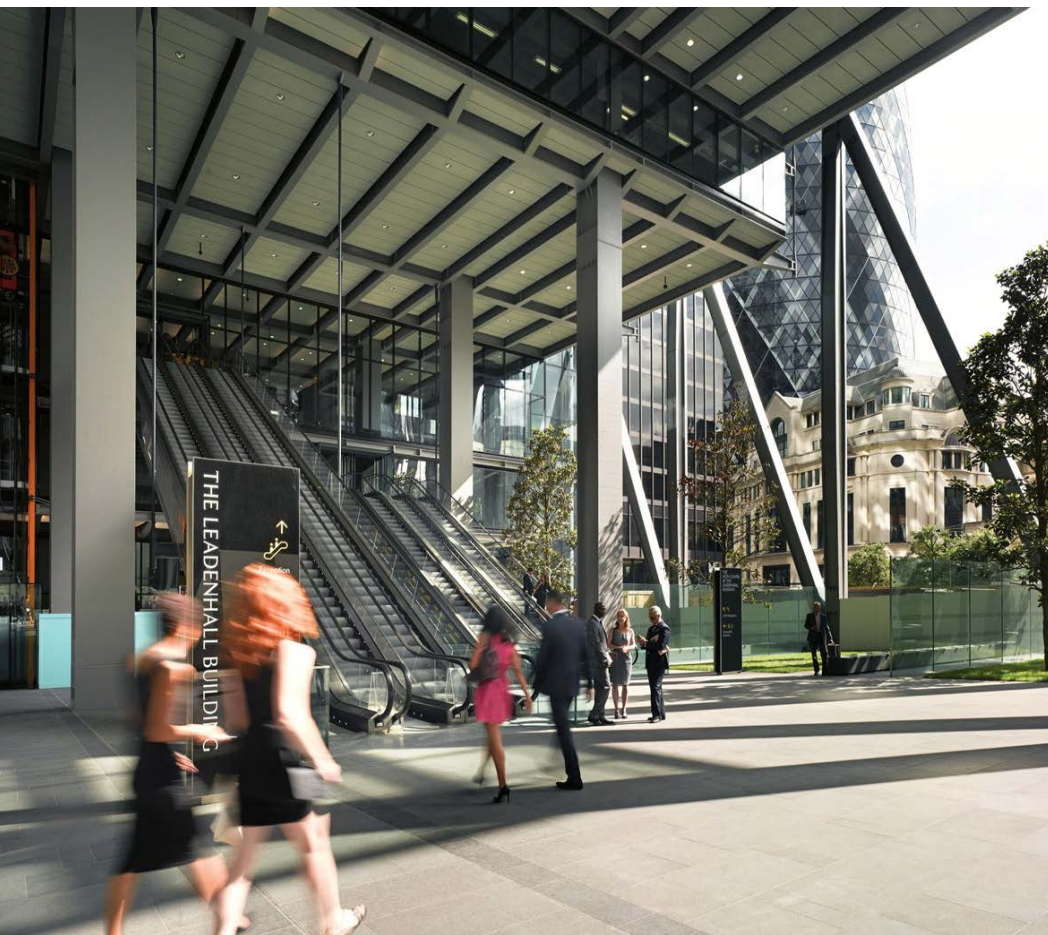
Figura 5: Alcune configurazioni dei gruppi ascensori, o bank, proposti nella norma UNI 11570:2015



In **Figura 5** alcuni possibili raggruppamenti a seconda del numero di cabine. Ogni aspetto di queste configurazioni è soggetto alle normative vigenti che determinano, sulla base della capienza della singola cabina, le dimensioni degli spazi di pertinenza, le lunghezze massime che gli utenti possono percorrere per raggiungere una cabina, la collocazione della pulsantiera di chiamata e così via. Nulla può essere lasciato al caso per garantire il massimo livello di efficienza e sicurezza per i passeggeri.

La scelta di una configurazione piuttosto che di un'altra dipende anche dall'organizzazione in pianta dell'edificio. Si tenga presente che non è consigliabile collocare più di otto cabine in un singolo gruppo e, in tal caso, sarebbe meglio se fossero organizzate in due linee da quattro elementi collocati gli uni opposti all'altro, come si vede in figura. Lo spazio occupato dagli ascensori in un edificio alto è consistente, intorno al 40% della superficie complessiva (Strakosch e Caporale 2010). Anche per questo motivo è importante non sovradimensionare gli impianti ma cercare di valutare il numero di cabine minime in grado di servire in modo efficiente il sistema di circolazione interno.

Molto importante in questo processo è lo studio dei sistemi di accesso all'edificio e la collocazione di tutti i gruppi ascensori necessari per il servizio. Nella maggior parte dei casi i gruppi ascensori vengono tutti circoscritti all'interno delle pareti del service core, che contiene tutti gli elementi di servizio alla torre come impianti, scale di emergenza, cavedi e servizi. Il service core assume solitamente una posizione baricentrica rispetto al distributivo ma questa non è la regola. Ci sono esempi di edifici in cui i sistemi ascensori o il *service core* sono stati collocati in altri punti o addirittura all'esterno dell'edificio. Si pensi, per esempio, al Lloyd's Building di Londra dove la parte servita dell'edificio, un parallelepipedo vetrato con una corte interna a tutta altezza, è circondato da torrette esterne immediatamente riconoscibili all'inter-



**Figura 6:** L'ingresso del Leadenhall Building di Londra avviene a diversi livelli, a seconda della lobby che si desidera raggiungere.

Fonte: archdaily

no delle quali sono stati organizzati i vari elementi di servizio: scale, ascensori, impianti di climatizzazione e così via.

Oltre alla collocazione degli impianti è importante studiare la modalità di accesso alla torre più adatta per ogni singolo progetto. Tale scelta influenza direttamente l'organizzazione della *lobby* principale di accesso e le modalità in cui gli utenti devono raggiungere i gruppi ascensori loro utili per arrivare alla destinazione desiderata.

In edifici alti in cui i volumi di traffico sono particolarmente consistenti o che ospitano funzioni differenti, una netta separazione degli accessi è sicuramente una scelta consigliata.

Tale separazione può essere realizzata essenzialmente secondo due modalità: distribuendo gli ingressi lungo il perimetro dell'edificio o organizzandoli su livelli successivi.

Nel primo caso ad ogni funzione o flusso potrebbe corrispondere un punto di accesso differente e, di conseguenza, ad una *lobby* di riferimento che condurrebbe gli utenti al gruppo ascensori da utilizzare. Nel secondo caso, invece, le *lobby* potrebbero essere distribuite su piani differenti, che gli utenti dovrebbero poter raggiungere tramite l'utilizzo di scale mobili o ascensori dedicati. Questa distinzione in verticale potrebbe avvenire sia all'interno che già all'esterno dell'edificio, a seconda delle esigenze.

### 3.4 Le strategie di *dispatching* verticale

Bisogna tenere in considerazione che la procedura di dimensionamento non ha come unico obiettivo quello di definire le caratteristiche tecniche di un impianto come dimensione, velocità e numero di cabine necessarie a gestire la domanda. Per poter condurre un qualsiasi tipo di calcolo, a prescindere dall'applicazione o meno di un software dedicato, occorre prima fare identificare delle ipotesi di *dispatching*. Con *dispatching* si intende la strategia di gestione di circolazione verticale. Nel corso dell'evoluzione del binomio edificio alto – ascensore, sono state sviluppate diverse alternative di *dispatching*, a seconda delle caratteristiche dell'edificio, come altezza, dimensioni, destinazioni d'uso e qualità del servizio previsto.

Tenendo a mente inoltre che l'obiettivo è di ridurre al massimo lo spazio occupato dagli ascensori rispetto alla superficie utile di un edificio, è stato spesso necessario scendere a dei compromessi e sviluppare delle soluzioni alternative. Una cabina non può effettuare le fermate a tutti i piani di un grattacielo. In primo luogo perché può raggiungere un'altezza limitata, altrimenti gli elementi costituenti sarebbero troppo pesanti compromettendone la sicurezza. In secondo luogo, i tempi di percorrenza diventerebbero troppo alti, perché la cabina potrebbe ricevere molte chiamate di salita e discesa, rendendo il servizio inefficiente.

Per tutti questi motivi nella progettazione degli edifici alti sono state identificate diverse soluzioni di *dispatching* che hanno permesso di raggiungere nel modo più efficiente possibile anche i livelli più alti, come gli edifici da record realizzati negli anni hanno dimostrato. *“A rule of thumb is to serve a maximum of 15-16 floors with a lift, or a group of*

<sup>5</sup> *“Una regola generale è quella di servire un massimo di 15-16 piani con un ascensore, o un gruppo di ascensori. Questo introduce il concetto di Zonizzazione. La zonizzazione avviene quando un edificio viene diviso in modo che un ascensore o gruppo di ascensori sia costretto a servire un insieme designato di piani”*

lifts. This introduces the concept of zoning. Zoning is where a building is divided so that a lift or group of lifts is constrained to serve a designated set of floors”<sup>s</sup> (Barney 2003). Una zona è quindi una porzione o settore di edificio, costituita da un certo numero di piani consecutivi, che possono essere raggiunti solo utilizzando gli ascensori di riferimento. In poche parole, gli ascensori non vengono solo raggruppati in pianta ma anche in sezione. Gina Barney presenta due alternative possibili di zonizzazione, rappresentate entrambe in **Figura 7**. Sulla sinistra, una organizzazione a zone convenzionale, dove ad ogni gruppo (o bank) di ascensori vengono assegnati piani differenti. Quella sulla destra, invece, è una zonizzazione a piani alternati in cui un gruppo ascensore serve solo i piani pari e l’altro quelli dispari, riducendo così le possibili fermate intermedie. Questa seconda soluzione, tuttavia, non è molto utilizzata soprattutto perché gli impianti sono comunque chiamati a coprire l’intera lunghezza dell’edificio, il che comporta impianti di dimensioni e prestazioni consistenti, tutti sottoposti a usura, e una maggiore quantità di spazio, concentrata allo stesso piano, per le sale macchine. Inoltre, il fatto che gli ascensori servano a piani alterni deve essere ben chiaro agli utenti, in modo da evitare confusione e problematiche.

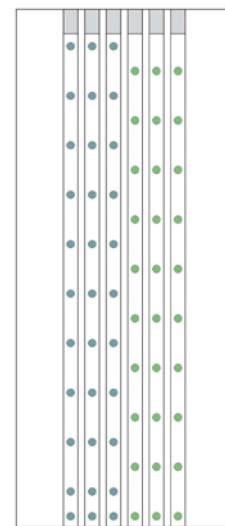
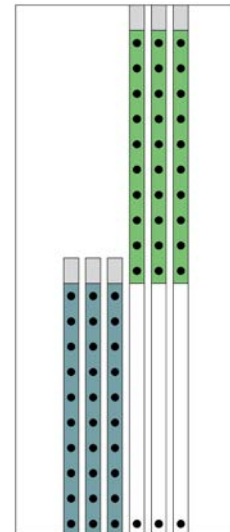
### 3.4.1 Schema a stacked zones o in bank

Per ottimizzare non solo il servizio ma anche l’utilizzo dello spazio una pratica comune è quella di suddividere il sistema di circolazione verticale in zone. Si parla di stacked zones o organizzazione “in bank”. Si distingue dal modello a zone precedente perché le cabine, e così i vani di corsa e gli spazi di pertinenza, raggiungono solo i piani che servono (Figura 8).

Un sistema di questo tipo potrebbe essere utile nel caso in cui la torre ospiti anche funzioni differenti. Quando si rende necessaria una distinzione netta tra i flussi, sia per questioni di sicurezza che di prestazioni.

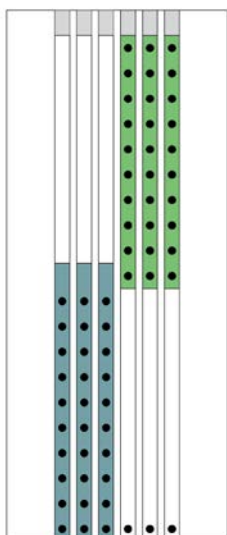
In questa soluzione di dispatching tutte le cabine, organizzate in diversi gruppi, partono dal piano terra ma raggiungono ed effettuano il servizio al piano solo nelle zone di pertinenza. A seconda dell’altezza dell’edificio o della complessità del servizio progettato, l’impianto può essere organizzato in:

- *Low-rise*: tutti i gruppi ascensori che servono solo la sezione più bassa in cui è stata organizzata la torre;
- *Mid-rise*: si identificano in questo gruppo gli ascensori assegnati al servizio della parte centrale. La presenza di una sezione intermedia non è sempre richiesta, dipende dall’altezza dell’edificio e dallo schema di distribuzione adottato;
- *High-rise*: i gruppi di ascensori che attraversano, senza fermarsi, le zone sottostanti per raggiungere l’ultima, quella più alta.
- *Intermediate (low; mid; high) -rise*: a seconda dei numeri di piani da servire le tre categorie precedenti possono essere ulteriormente frazionare in sottogruppi intermedi.



**Figura 7:** Lo schema rappresenta due gruppi ascensori, uno in azzurro e uno in verde, progettati per servire due zone differenti dell’edificio. Come si vede, infatti, gli ascensori del gruppo grigio servono solo i piani più bassi mentre, quelli del gruppo verde, quelli dei piani più alti. In entrambi i casi, lo svantaggio è che tutti gli impianti coprono l’intera estensione dell’edificio. In grigio, in alto, sono individuate le sale macchine.

Fonte: rielaborazione da Barney, 2003.



**Figura 8:** Lo schema rappresenta due gruppi ascensori organizzati in bank o stacked zone. Il gruppo blu serve i piani inferiori della torre senza proseguire in quelli superiori. Il gruppo verde, invece, non effettua fermate ai piani inferiori ma serve esclusivamente quelli più alti. In grigio la sala macchine. Fonte: rielaborazione da Barney, 2003.

### 3.4.2 Utilizzo a sky-lobby

Quando un edificio necessita della presenza di un piano di scambio, anche chiamato *sky-lobby*, secondo James Fortune<sup>6</sup> può essere definito un “*very tall building*” (Fortune 1997).

Se c’è una *sky-lobby* significa che l’edificio alto è stato diviso in sezioni differenti, come se si trattasse di più edifici collocati l’uno sopra l’altro. Ognuna di queste sezioni ha un piano principale di riferimento che è la *sky-lobby*. Si tratta, inoltre, di un piano di trasferimento in cui gli utenti passano da un sistema di ascensori *express* ad uno *local*. Gli ascensori *express*, solitamente più grandi e capienti, collegano direttamente, senza effettuare fermate intermedie, il piano terra principale con una *sky-lobby*. Qui i passeggeri devono scendere dall’ascensore *express* e dirigersi verso i gruppi ascensori che effettueranno il servizio locale, raggiungendo tutti i piani della sezione di riferimento.

Nel caso in cui le sezioni siano particolarmente estese il servizio locale può a sua volta essere organizzato in sotto sezioni, che ripropongono un servizio *low-, mid- e high-rise*.

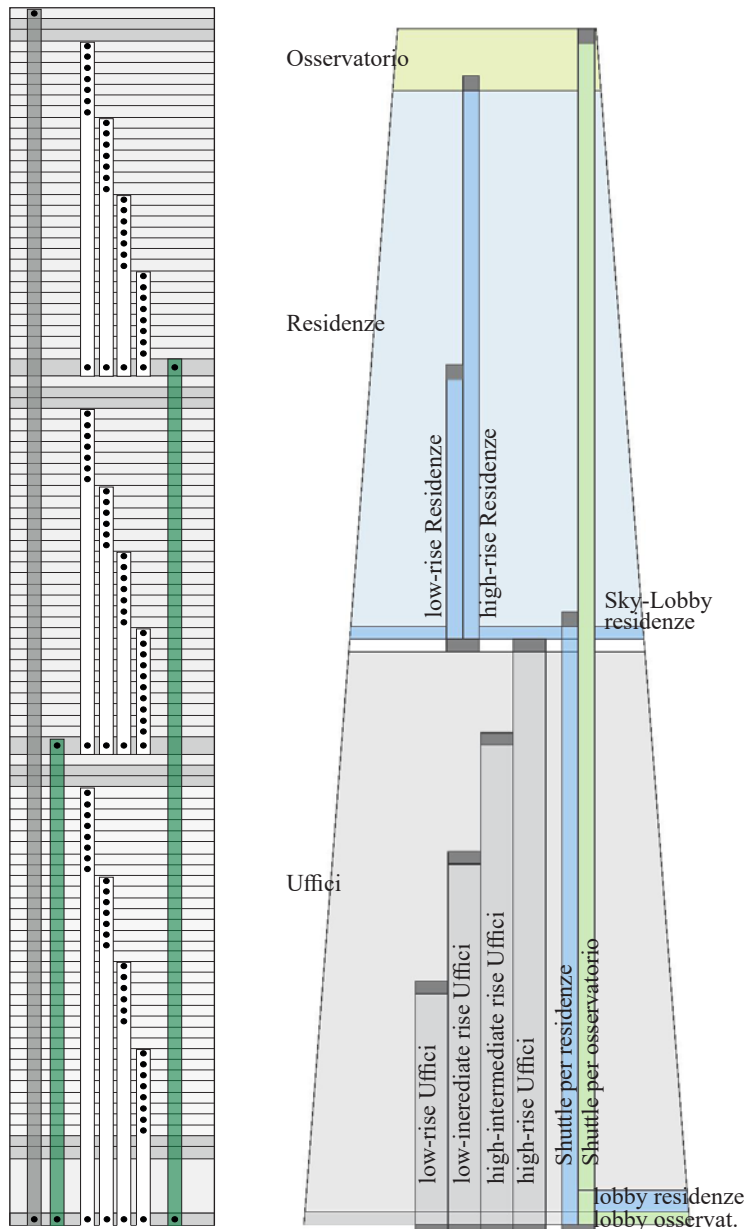
Gli schemi di distribuzione riportati in **Figura 9** e **Figura 10** rappresentano le soluzioni progettate per il John Hancock Center di Chicago e per le torri gemelle del World Trade Center.

Come si può vedere, in entrambi i casi la porzione più bassa dell’edificio è servita da un impianto *in bank*. Le sezioni più alte, invece, presentano una configurazione a *sky-lobby*, con ascensori *express* che partono dal piano terra, e un sistema locale a sua volta servito da un sistema a zone (Fortune 1998).

L’utilizzo di *sky-lobby* ha evidenti vantaggi nella gestione degli spazi e nella riduzione dei tempi di attesa. Tuttavia, l’apprezzamento da parte degli utenti di questo tipo di configurazione non è sempre certo. Per prima cosa il dover cambiare ascensore potrebbe essere motivo di scontento, con il rischio di aumentare il tempo medio di viaggio dovendosi spostare per raggiungere un altro sistema ascensore. Gli ascensori diretti e quelli locali non sono sempre collocati vicini e non è raro che gli utenti debbano percorrere dei tragitti a piedi per poterli raggiungere. Fondamentale in questo tipo di configurazione è l’utilizzo di una segnaletica efficace e la creazione di interfacce utente-dispositivo chiare e di immediata comprensione.

Una *sky-lobby* diventa utile se ospita al suo interno anche dei servizi dedicati, che siano in relazione con le funzioni dei piani della sezione di riferimento. Nel caso di uffici, per esempio, la *sky-lobby* di pertinenza potrebbe ospitare ristoranti, sale riunioni, aree di svago come una palestra o un giardino pensile. Accorgimenti come questo non influiscono solo nel migliorare la percezione della qualità da parte degli utenti ma hanno un ruolo importante nel progetto di trasporto. Per esempio, si pensi al grafico della domanda di servizio durante una giornata tipo presentato nel paragrafo precedente. Se nella *sky-lobby* di riferimento sono previste aree ristorante gli utenti non dovranno scendere fino al piano terra e uscire dalla torre, ma potranno semplicemente raggiungere la propria *lobby* di riferimento, riducendo così il carico di traffico del sistema di trasporto.

<sup>5</sup> James Fortune ha oltre 40 anni di esperienza nel settore del trasporto verticale. Considerato uno dei più grandi esperti a livello mondiale di progettazione di edifici super- e mega-tall. Ha seguito i progetti di trasporto per alcuni tra i più alti edifici al mondo, tra cui Taipei 101 e il Burj Khalifa. Inoltre, sta seguendo la definizione del progetto della Jeddah Tower, la cui costruzione è stata fermata ma che dovrebbe raggiungere i 1000 metri di altezza.



### 3.4.3 Combinazioni miste

Le due configurazioni presentate possono poi essere adattate alle esigenze specifiche di ogni progetto. Per prima cosa si può pensare, per esempio, di utilizzare ascensori *double-deck* sia per il servizio express che collega il piano terra alle *sky-lobby* sia per il servizio locale nelle varie zone. Una scelta di questo tipo, tuttavia, deve avere delle conseguenze anche nella definizione degli spazi di pertinenza e nell'organizzazione delle funzioni.

Per esempio, il piano terra di accesso dovrà essere organizzato su due piani, collegati tramite scale, scale mobili e ascensori o altri dispositivi. Il servizio al piano, quello locale, può poi essere affidato sia ad un sistema convenzionale sia a cabine *double-deck*, in tal caso l'organizzazione interpiano deve essere ben definita e, se necessario, devono essere inseriti altri elementi di collegamento diretto tra i piani.

**Figura 9:** Il progetto degli ascensori del John Hancock Center di Chicago. Come si vede in figura la sezione inferiore dell'edificio è occupata da uffici mentre quella superiore a residenze, in sommità, invece, spazi pubblici. I piani uffici sono serviti da bank successivi di ascensori e organizzati il low- e high-rise. I residenti, invece, devono utilizzare un sistema express per raggiungere la sky-lobby dove troveranno gli ascensori che li condurranno al piano di destinazione, anche in questo caso il servizio è organizzato in low- e high-rise per assicurare un servizio efficiente. Per i piani pubblici sono stati pensati ascensori express. Gli ingressi al piano terra di riferimento sono distinti per le varie funzioni ospitate nella torre, in modo tale da non mescolare i flussi e assicurare qualità di servizio e la sicurezza per gli utenti.

Fonte: Strakosch e Caporale, 2015

**Figura 10:** Il progetto degli ascensori concepito per le Torri Gemelle, considerato una delle più efficienti applicazioni di sistema a sky-lobby. Le torri erano state suddivise in tre sezioni distinte progettate per essere indipendenti le une dalle altre. Dal piano terra i sistemi express raggiungevano la prima e la seconda sky-lobby, dove gli utenti dovevano cambiare impianto e utilizzare gli ascensori locali per raggiungere la propria destinazione. Ogni sezione, come si vede dalla figura, è a sua volta servita da bank successivi distinti tra low-, intermediate- e high-rise.

Fonte: Strakosch e Caporale, 2015

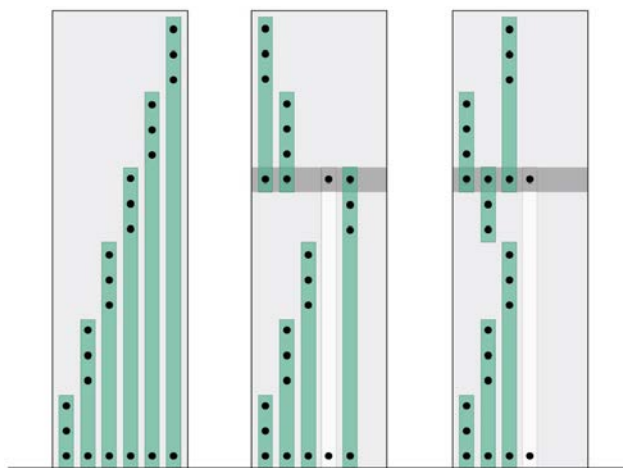
Una *sky-lobby*, inoltre, potrebbe essere considerata il piano di riferimento sia per le sezioni superiori che per quelle inferiori. Questo significa che, come la **Figura 11** cerca di schematizzare, gli utenti una volta raggiunta la *sky-lobby* dovrebbero prendere degli ascensori locali in discesa per raggiungere il piano di destinazione. Per quanto si tratti di una soluzione ottimale in termini di gestione dello spazio, non viene sempre apprezzata dagli utenti che la utilizzano. La percezione è quella di un controsenso e, sebbene non sia così, di una perdita del proprio tempo visto che è come se si dovesse tornare indietro, scendendo.

Fondamentale, nella definizione di un sistema di trasporto verticale è trovare il punto giusto in cui inserire la *sky-lobby* e la separazione tra i servizi di zona *low-*, *mid-* e *high-rise*. Barney consiglia che, come regola generale, gli edifici di 60 piani possono essere serviti da quattro gruppi di ascensori assegnati alle quattro zone in cui deve essere diviso l'edificio. Nel caso in cui si utilizzino ascensori *double-deck*, i quattro gruppi possono arrivare a servire anche 80 piani. Oltre gli 80 piani deve essere inserita una *sky-lobby* con una gerarchizzazione tra servizio diretto e locale (Barney 2003).

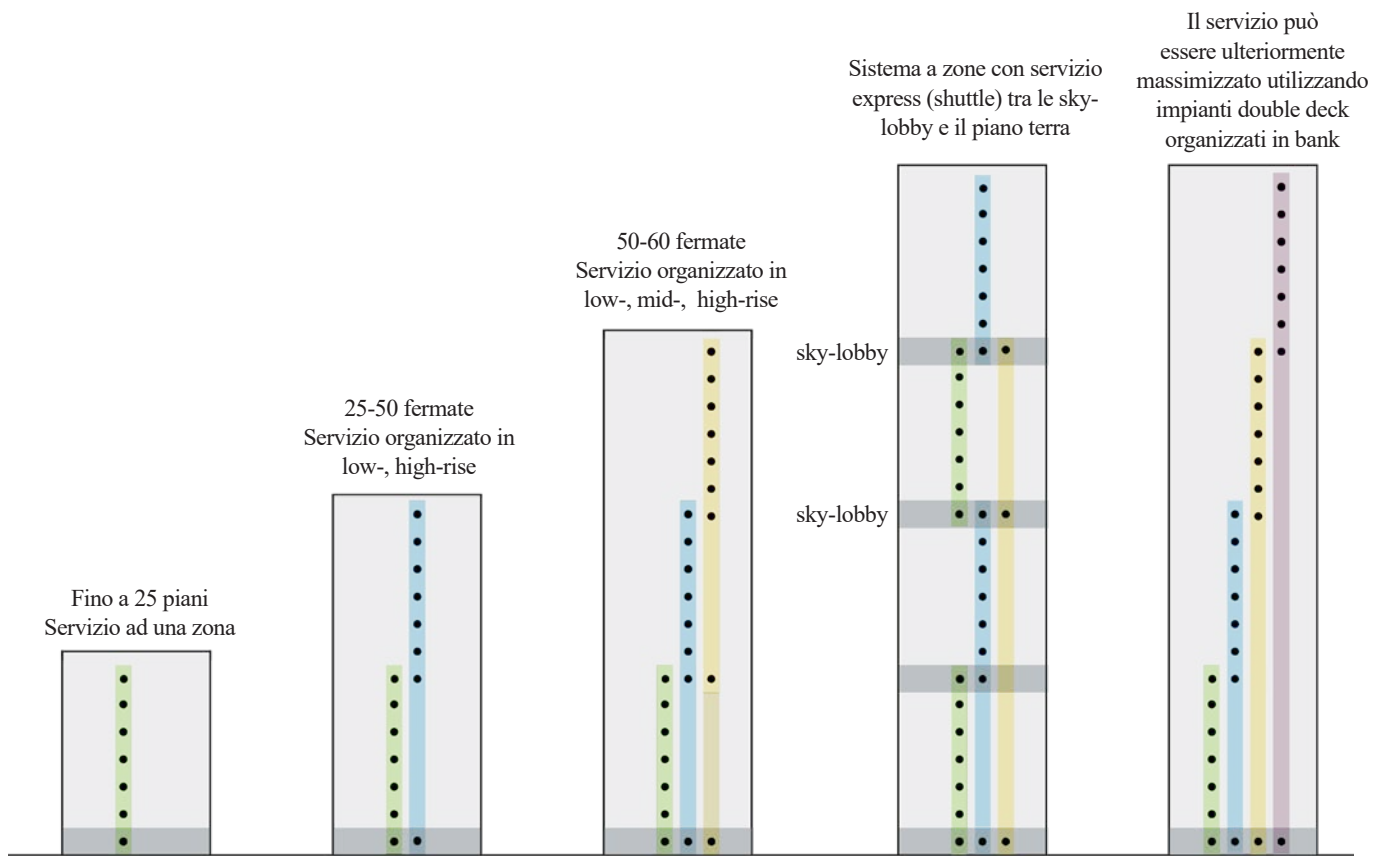
### 3.5 I sistemi di manovra

Così come le configurazioni anche le modalità di chiamata sono molteplici. La scelta di quale possa essere la più adatta ad una specifica applicazione dipende dalle esigenze del progetto e dal modello di traffico valutato.

I primi dispositivi di ascensori erano gestiti e letteralmente guidati da operatori, i cosiddetti *lift guy*, che si occupavano di assegnare ai passeggeri la cabina da utilizzare e li conducevano al piano di destinazione. Ogni decisione spettava a loro, come la possibilità di arrestare il moto per far salire altri utenti. Con l'introduzione dei sistemi automatici di chiusura e apertura delle porte, i ragazzi in livrea che gestivano il traffico verticale sono stati sostituiti dalle pulsantiere. L'unico dispositivo con cui l'utente può interfacciarsi durante l'utilizzo di un ascensore e attraverso il quale può prenotare una chiamata, utilizzando i comandi di piano collocati all'esterno delle cabine nelle aree di attesa, e indicare



**Figura 11:** Le tre sezioni rappresentano in ordine: sistema in bank successivi, soluzione in bank con *sky-lobby* per la porzione superiore, sistema in bank e *sky-lobby* che si fa da riferimento sia per i piani superiori che per alcuni inferiori.



la destinazione desiderata, utilizzando invece la pulsantiera interna alla cabina dove ad ogni pulsante viene assegnato un piano di destinazione. Sempre nella pulsantiera di cabina ci sono poi altri comandi che possono essere attivati dagli utenti, per esempio, la possibilità di fare una chiamata ad un operatore o di lanciare un allarme in caso di emergenza. Oggi le pulsantiere più moderne e tecnologiche sono schermi *touch*, più o meno interattivi.

Molto interessante la ricostruzione che Gina Barney propone dove individua le cinque generazioni dei sistemi di manovra e chiamata che si sono susseguite nel tempo, si veda la **Tabella 2**.

Talasciando le prime tre generazioni oramai superate, è interessante soffermarsi brevemente sulla quarta perché segna un passaggio importante. I primi impianti di ascensori di quegli anni venivano programmati (*scheduled*). Questo significa che alcune cabine venivano inviate, in precisi momenti della giornata, in corrispondenza di alcuni piani dove ci si aspettava che sarebbero state registrate delle chiamate. L'invio della cabina si basava solo sull'osservazione di casi ed eventi precedenti, non c'era un vero e proprio studio statistico alle spalle. Questa soluzione aveva dei chiari svantaggi. In primo luogo l'incertezza del servizio e, in seconda istanza, un consumo di energie spesso immotivato, richieste per portare la cabina vuota ai piani di destinazione e per

**Figura 12:** Gli schemi in figura riassumono alcuni tra le principali soluzioni di organizzazione degli impianti di comunicazione verticale.

**Tabella 2:** Le cinque generazioni di sistemi di manovra individuate da Gina Barney. La prima generazione rimanda ai dispositivi meccanici, la seconda e la terza prevedevano la presenza di uno o più operatori per la gestione del traffico, la quarta generazione vede il passaggio dagli impianti programmati a quelli progettati sulla base della domanda di traffico e l'ultima generazione, quella attuale, si affida completamente all'applicazione di computer e sistemi informatizzati.

Fonte: Barney, 2003

Era	Dates	Traffic control type
I	1850 – 1890	Simple mechanical control
II	1890 – 1920	Attendant and electrical car switch control
III	1920 – 1950	Attendant/dispatcher and pushbutton, control
IV	1950 – 1975	Group control: - IVa scheduled traffic control to 1960 - IVb demand traffic control from 1960
V	1975 - ...	Computer group control

mantenerla in *stand-by*. Inoltre, questa condizione riduceva anche la qualità del servizio perché alcune cabine risultavano essere inutilizzabili per alcuni periodi di tempo. Sulla base di queste osservazioni i tecnici e gli esperti hanno poi sviluppato i sistemi di manovra a chiamata (demand). Il sistema si attiva solo quando registra una chiamata al piano. Inoltre la quarta generazione introduce il concetto di gruppo. Gli ascensori non vengono più progettati come cabine singole ma come gruppo costituito da più unità soggette allo stesso sistema di manovra che, dalla quinta generazione sarà completamente automatizzato e gestito da un computer (Barney 2003). Esistono poi tre differenti modalità in cui la cabina, registrata la chiamata, può “comportarsi” durante il percorso (Trabucco, et al., 2018):

### **1. Manovra automatica semplice (detta anche normale o universale)**

Si tratta della tipologia più semplice, che non richiede nessun tipo di registrazione dei comandi da parte del sistema. Il comando di cabina, in questo caso, ha la precedenza su quello di piano. Questo significa che le chiamate di piano vengono soddisfatte solo dopo che tutti i comandi in cabina sono stati eseguiti e la cabina risulta quindi essere vuota. Per questo motivo, la chiamata al piano si compone di un solo pulsante che avvisa, tramite segnale luminoso, che la cabina è occupata e che quindi non registrerà la chiamata fino a quando non si svuoterà, spegnendo quindi il segnale luminoso.

Questa manovra è poco efficiente e può comportare lunghissimi tempi di attesa, oltre ad una maggiore usura degli impianti che, non lavorando secondo logica, sono molto più sollecitati. Risulta quindi ovvio che questo tipo di manovra può essere installato in edifici con traffico limitato e prevalentemente residenziali.

### **2. Manovra collettiva o registrata**

Questa tipologia di manovra, invece, permette di organizzare il servizio secondo diverse condizioni di traffico prevede una registrazione dei comandi di piano e di cabina, elaborando in modo logico il tragitto più sensato da compiere per ottimizzare il servizio.

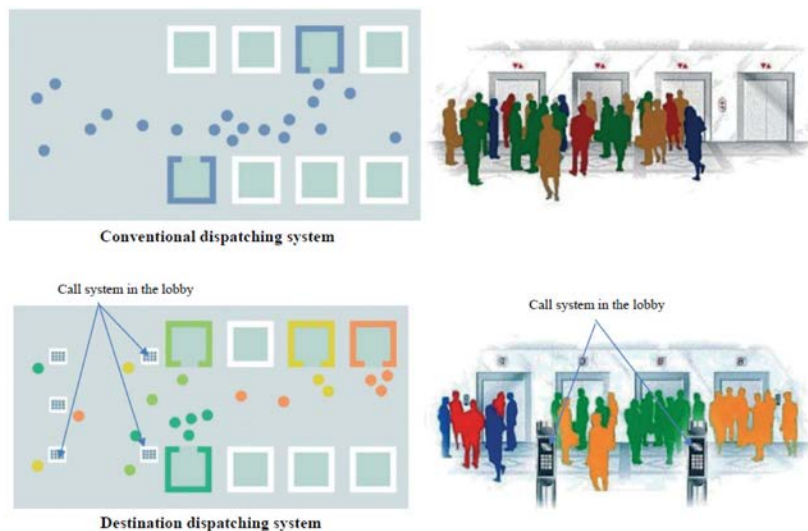
La manovra può poi essere non selettiva, quando cioè all'interno della cabina oltre alle pulsantiere viene indicata la direzione, in salita o discesa, che sta seguendo, in modo che gli utenti possano capirlo.

Nel caso di manovra selettiva, invece, l'impianto, oltre a registrare tutti i comandi di cabina, distingue quelli di piano a seconda della direzione di moto. Questo è reso possibile dalla presenza, all'esterno delle cabine, di due pulsanti di prenotazione della chiamata tra cui l'utente può scegliere a seconda che voglia salire, pulsante con freccia verso l'alto, o scendere, freccia rivolta verso il basso.

### **3. Manovra a traffico programmato**

Gli ascensori si adeguano alle condizioni del programma di traffico di che viene loro assegnato. Sulla base di dati di *input* (numero di cabine, numero di chiamate registrate, tempo di percorrenza, carico delle cabi-





**Figura 13:** Confronto tra un sistema convenzionale e uno a destinazione controllata. Nel primo caso i passeggeri raggiungono le cabine ed indicano la destinazione desiderata, senza una logica specifica. Nel secondo caso l'utente indica la propria destinazione, tramite sistemi appositi collocati nella lobby, e, sulla base delle altre chiamate registrate, gli viene assegnata una cabina specifica, verso la quale può dirigersi. In questo modo l'intero traffico può essere gestito in modo logico ed efficiente, riducendo i tempi di attesa e di viaggio.  
Fonte: Al-Kodmany, 2015

ne, ecc.) che vengono rilevati da dispositivi elettronici, il programma gestisce in modo autonomo il movimento delle cabine, al fine di assicurare un servizio il più efficiente possibile. Particolarmente utile negli edifici alti in cui l'andamento della domanda di traffico è conosciuto, anche se intenso in alcuni momenti della giornata.

Le varie tipologie di manovra presentate fino a questo momento prevedono che il passeggero raggiunga l'area di attesa, effettui la prenotazione e, una volta arrivata una cabina, indichi la propria destinazione. A partire dagli anni Novanta, sempre nell'ottica dell'ottimizzazione del servizio e della riduzione dei tempi, ha cominciato a prendere piede quello che viene chiamato sistema a destinazione controllata (*Destination Dispatching System – DDS*), utilizzato soprattutto per le installazioni di molti gruppi ascensori in edifici con grandi volumi di traffico. Si tratta di un sistema automatico che raggruppa i passeggeri in modo efficiente a seconda delle loro destinazioni, con conseguente riduzione del numero di fermate durante il viaggio di ogni ascensore (si faccia riferimento alla **Figura 13**). Questo è possibile perché gli utenti indicano la propria destinazione prima di avvicinarsi all'area di attesa davanti alle cabine utilizzando il pannello operativo (Ascher 2011). Esso può essere una tastiera, uno schermo *touch* o, in soluzioni più recente, tramite un'applicazione sul telefonino, sviluppata dalle varie aziende di settore.

Le cabine, tuttavia, devono essere attrezzate con sistemi di controllo del peso o conteggio dei passeggeri, per assicurare un costante livello di sicurezza durante le operazioni. Il sistema, idealmente perfetto, risulta parzialmente inefficiente nel caso in cui, per esempio, alcuni passeggeri decidano di cambiare cabina e non scegliere quella loro assegnata dal sistema per svariati motivi. Per questo motivo sarebbe consigliabile informare gli utenti delle modalità di funzionamento di questi dispositivi, per evitare alcuni errori o utilizzi erranei dell'impianto. I DDS possono essere utilizzati sia nei sistemi di servizio al piano che in quelli express a seconda della funzione e del progetto dell'impianto di trasporto (K. Al-Kodmany 2015).



INSTRUCTION OF USE  
FOR PASSENGERS

PLEASE  
DO NOT  
SMOKE  
OR  
DRINK  
ALCOHOLIC  
BEVERAGES  
IN THIS  
AREA

## 4. Sistemi di circolazione non convenzionali

**F**are in modo che gli ascensori occupino il minor spazio possibile, assicurando comunque un alto livello di servizio ed efficienza, è da sempre l'obiettivo che progettisti e consulenti di trasporto verticale cercano di perseguire. Questa ricerca ha portato a proporre varie soluzioni per aumentare la capienza delle cabine, rendere il servizio più rapido e confortevole e a proporre alternative di dispatching che permettessero di trasportare un maggior numero di persone in breve tempo, mantenendo per così dire contenuti gli spazi dedicati ad ascensori e le aree di pertinenza.

Tuttavia, nel corso della storia del binomio edificio alto-ascensore, le aziende *leader* del settore hanno proposto soluzioni meno convenzionali, alternative e fuori dal comune. Nella maggior parte dei casi, tali proposte sono rimaste a livello di brevetto o hanno visto singole applicazioni che non si sono potute ripetere prevalentemente per ragioni economiche. Nonostante questo, lo studio di alcune di queste soluzioni non convenzionali proposte è stato fondamentale ai fini di questa ricerca.

Il capitolo si articola in due parti. La prima raccoglie una selezione di ascensori non convenzionali che hanno però mantenuto gli elementi tipici del dispositivo quali funi e contrappeso. In questa prima sezione vengono presentati soluzioni che propongono di inserire più cabine all'interno dello stesso vano di corsa, definiti sistemi *multi-car* lineari, che seguono tracciati chiusi e circolari, detti appunto a circuito, e infine, soluzioni ibride. Quest'ultime non solo prevedono la presenza di più cabine all'interno dello stesso circuito ma consentono anche uno spostamento lungo tracciati orizzontali. La seconda parte riguarda invece le cabine semoventi, munite cioè di un motore integrato, *multi-car e rope-less*, prive cioè di funi e in grado di seguire traiettorie verticali, orizzontali e diagonali a seconda delle esigenze. Questo capitolo si conclude con la presentazione della tecnologia MULTI recentemente proposta da thyssenkrupp e che ha dato il via a questa tesi di ricerca, il cui scopo è proprio quello di studiare come dispositivi di trasporto non convenzionale come quelli di questo capitolo potrebbero influenzare il progetto del tipo edilizio dell'edificio alto. I dati raccolti in questo capitolo della ricerca costituiscono una selezione delle numerose proposte alternative che sono state sviluppate negli anni e sono stati fondamentali per condurre le successive fasi di studio.

#### 4.1 Le ragioni della ricerca di soluzioni non convenzionali

Gli ascensori sono elementi fondamentali per la progettazione e il funzionamento del tipo edilizio dell'edificio alto. Al crescere in altezza degli edifici corrisponde un aumento della superficie da destinare ai dispositivi di trasporto verticale. È stato stimato che in un edificio di 100 piani circa il 30% dello spazio è occupato dal sistema di trasporto verticale (Fortune 1998) e che tale percentuale aumenta al crescere in altezza degli edifici. Un sovradimensionamento degli impianti di trasporto e il conseguente disequilibrio tra gli spazi di servizio e quelli da servire possono causare una perdita dal punto di vista economico. All'aumentare della superficie destinata agli ascensori diminuisce quella che viene definita *rentable area*, cioè l'area da cui si ricava un introito economico (sia essa in affitto o in vendita). Tale criticità si riscontra soprattutto ai piani inferiori, attraversati da un maggior numero di cabine che devono raggiungere i livelli più alti dell'edificio.

Le ricerche condotte hanno sempre avuto come obiettivo comune la volontà di ottimizzare l'uso dello spazio, riducendo quello servente, occupato soprattutto dai gruppi ascensore e dai relativi spazi di pertinenza, a favore di quello servito. Oltre alle soluzioni di circolazione interna convenzionali presentate nel capitolo precedente, *“For decades, vertical transportation design engineers have been trying to devise methods for placing more than one elevator car (lifting pod) in a hoist-way, to reduce the number of dedicated lifts and hoist-ways required. The adaptation of double-deck and soon triple-deck lifts, sky-lobby floors and local-zone elevator stacking plans are all attempts to place more than one elevator in the same hoist-way space”*<sup>1</sup> (Fortune 1998).

Quanto presentato e descritto sino a questo momento riguarda le soluzioni convenzionali che sono state proposte e adottate nel corso del tempo. Tuttavia, le aziende leader del settore hanno da sempre investito molto anche nella ricerca e sviluppo di soluzioni che potrebbero essere classificate come “non convenzionali”. La maggior parte di questi progetti sono rimasti allo stato di brevetto, altri non applicati per questioni economiche, altri ancora sono molto recenti e sono ancora in fase di sviluppo. Quello che accomuna questi progetti è la volontà di inserire più cabine all'interno dello stesso vano di corsa, da qui il termine *multi-car* che sarà utilizzato nella trattazione a seguire.

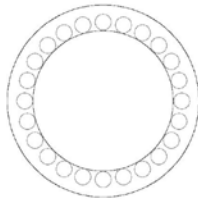
Come nel caso delle soluzioni convenzionali si possono rintracciare approcci differenti. Una prima categoria di *multi-car* è quella che rimane fedele allo schema convenzionale degli impianti ascensori, prevedendo quindi l'utilizzo di cabine appese a funi collegate a contrappesi che si muovono all'interno di un vano di corsa dedicato. La differenza sta nell'inserire più di una cabina all'interno del medesimo vano di corsa.

La seconda categoria, invece, assume un approccio completamente differente, proponendo l'utilizzo di cabine autonome semoventi, cioè cabine dotate di un proprio motore, prive di cavi e contrappesi e, di conseguenza, libere di seguire tracciati non solo verticali.

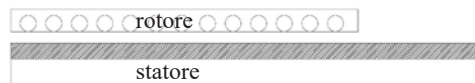
In entrambe le categorie, come si vedrà, viene talvolta suggerito di im-

<sup>1</sup> *“Per decenni, gli esperti di trasporto verticale hanno cercato di individuare soluzioni per posizionare più di una cabina (piattaforma di sollevamento) in un vano di corsa, per ridurre il numero di ascensori dedicati e gli elementi di sollevamento necessari. L'adozione di ascensori double-deck, e presto triple-deck, sky-lobby e soluzioni a sezioni sovrapposte sono tutti tentativi di posizionare più di un ascensore nello stesso vano di corsa”*

motore a induzione circolare



motore a induzione lineare



**Figura 1:** Schema esemplificativo della differenza tra un motore a induzione circolare ed uno lineare.

Fonte: Barrett et al. 1998

piegare motori ad induzione lineare, che andrebbero ad integrarsi o sostituirsi a quelli convenzionali già utilizzati.

La tecnologia ad induzione lineare si basa sulla creazione di un campo elettromagnetico tra due elementi: lo statore, l'insieme delle parti fisse, e il rotore, insieme delle parti mobili. Applicando degli elettromagneti tra i due elementi si crea un campo magnetico che porta a distanziare il rotore dallo statore, permettendo la levitazione. La differenza sta nella configurazione che questi due elementi assumono. Nei dispositivi che saranno analizzati, invece di essere disposti circolarmente, gli statori vengono "stesi" e "srotolati" per creare appunto una struttura lineare, si veda **Figura 1**. Applicando una forza all'elemento mobile esso potrà scorrere senza nessun attrito se non quello dell'aria seguendo, seppur a distanza, l'andamento dell'elemento fisso (Barrett, et al. 1998).

I motori ad induzione lineare sono già stati applicati nel settore dei trasporti per il MagLev, treno ad alta velocità a levitazione magnetica utilizzato per la prima volta a Singapore per collegare il centro città all'aeroporto. Durante il moto il treno non entra mai in contatto con le rotaie e l'unica forza che si oppone al suo spostamento è l'attrito dell'aria. Per questo motivo riesce a viaggiare a velocità molto più elevate degli altri sistemi di trasporto convenzionale, circa 250 km/ora, con un consumo di energia limitato (So, Al-Sharif e Hammoudeh 2014).

L'idea di poter applicare i motori ad induzione lineare al settore ascensoristico ha cominciato a prendere piede dalla fine del Ventesimo secolo, quando Otis propone lo Skylinear. Si trattava di un ascensore convenzionale a funi di trazione ma il motore era ad induzione lineare montato all'interno del contrappeso (**Figura 2**). Esso consisteva di un elemento tubolare in acciaio che attraversava centralmente il contrappeso e correva per tutto il vano di corsa (Normile 1991). Data la presenza delle funi e del contrappeso lo Skylinear rimaneva ancora molto limitato e non si prestava bene all'inserimento di altre cabine lungo lo stesso circuito. Tuttavia significava poter rinunciare alla sala macchine, dato che tutti gli elementi necessari per il funzionamento si trovavano all'interno del vano di corsa. Venne presentato e commercializzato solo in Giappone ma, nonostante le centinaia di richieste, dopo pochi anni ne venne interrotta la produzione poiché presentava alcuni problemi tecnici (Barker 1997).

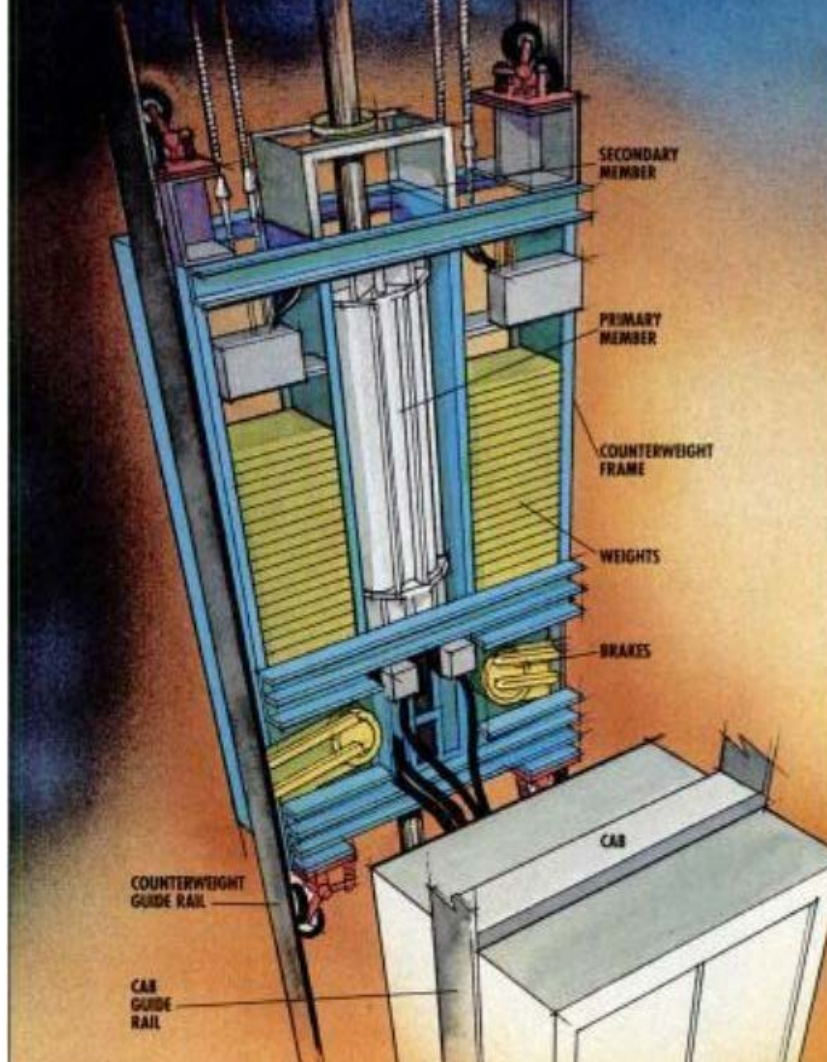
Nei paragrafi successivi verranno presentate le soluzioni alternative ritenute più rappresentative e utili ai fini di questa ricerca, lo studio delle quali è stato importante per lo sviluppo delle fasi successive della ricerca.

**Figura 2:** Rappresentazione dello Skylinear brevettato da Otis. L'unica differenza con un ascensore convenzionale è che il motore ad induzione lineare che sposta la cabina è montato nel contrappeso, come si vede nell'immagine.

Fonte: Normile, 1991

**Figura 2:** Rappresentazione dello Skylinear brevettato da Otis. L'unica differenza con un ascensore convenzionale è che il motore ad induzione lineare che sposta la cabina è montato nel contrappeso, come si vede nell'immagine.

Fonte: Normile, 1991



**pagina seguente**

<sup>2</sup> “La mia invenzione ha lo scopo di ridurre lo spreco di spazio, installando e facendo funzionare lungo le stesse rotaie una coppia di elevatori in un vano comune, usando rotaie di contrappeso comuni o separate per entrambi gli elevatori, qualsiasi vano sarebbe così disponibile per ascensori che corrono dal piano terra principale per effettuare un servizio locale in due zone dell'edificio, con un servizio espresso al piano inferiore della zona superiore. Fornisco anche mezzi di controllo che permetteranno a ciascun ascensore di funzionare in totale libertà rispetto all'altro, tranne quando si avvicinano entro una distanza prestabilita l'uno all'altro, indipendentemente dal fatto che tale approccio sia il risultato di una macchina che corre verso l'altra alla fermata o l'uno sorpassa l'altro quando si muove nella stessa direzione, oppure entrambi si muovono l'uno verso l'altro”

## 4.2 I dispositivi multi-car a funi

La prima tipologia di soluzioni multi-car non convenzionali sono quelli a fune che propongono di inserire più cabine all'interno di un medesimo vano. Di seguito sarà proposta una selezione dei casi individuati che sono stati organizzati secondo due tipologie: le configurazioni lineari e quelle a circuito.

Nel primo caso i brevetti propongono due o più cabine all'interno di un unico vano di corsa che mantiene uno sviluppo esclusivamente verticale. Nelle soluzioni a circuito, invece, le cabine seguono anche dei brevi tracciati orizzontali, per seguire un tracciato chiuso.

### 4.2.1 Configurazioni lineari

Questa sezione tratterà i dispositivi multi-car a funi lineari, cioè quei brevetti e quelle proposte che hanno inserito più cabine, più o meno autonome, all'interno di uno stesso vano di corsa.

Una primissima proposta risale agli anni Trenta del Ventesimo secolo, quando l'ingegnere elettrico James Sprague ha presentato il suo brevetto per il Dual Elevator System: “My invention purposes to reduce the waste of space, by installing and operating on the same rails a pair of elevators in a common shaft, using common or separate counter weight rails for both elevators, any shaft being thus available for elevators running from the main floor to supply local service to two different floor zones, with express service to the lower floor of the upper

zone. I also provide means of control such as will permit each elevator to be operated with entire freedom as regards the other except when approaching within a predetermined distance of each other, whether such approach be the result of one car being run towards the other at stop, or one overtaking the other when moving in the same direction, or both in motion towards each other”<sup>3</sup> (Sprague 1930).

Il Dual Elevator è stato installato nel 1931 nell’edificio della Westinghouse Electric and Manufacturing Company, un edificio per uffici di 11 piani a Pittsburgh. Esso consisteva in due cabine che correvano indipendentemente lungo il medesimo vano, quella collocata superiormente gestiva il servizio express, mentre quella sotto quello local. Questo era possibile perché, come si vede in **Figura 3**, la cabina superiore era collegata alla fune centralmente, quella inferiore, invece, ai lati. La porzione inferiore dell’edificio, costituita da 9 piani, era servita dalla cabina inferiore del dispositivo, mentre i 3 piani superiori erano serviti dalla cabina express (Dalzell 2010). “two cars had two different functions and different starting points. The car located above the other was used to serve the upper floors, as an express elevator, and to use it people had to reach the first floor of the main entrance. The lower one, instead, was used to serve the lower levels of the building, acting as a local elevator, and its starting point was located in the sub-basement or at the lower level of the entrance hall. Among the automatic safety stop, one each cabin was installed a block signal in order to avoid the collision between them. This block “communicated” to the operators through a light signal so organized: - green light if the one of the cars can move as the other is far enough, - yellow light meant to take attention as also the other car was in motion, - red light if the cars are approaching too much”<sup>3</sup> (Middleton e Middleton III 2009).

<sup>3</sup> “due cabine hanno due diverse funzioni e diversi punti di partenza. La cabina situata sopra l’altra viene utilizzata per servire i piani superiori, come ascensore espresso, e per utilizzarla la gente deve raggiungere il primo piano dell’ingresso principale. Il piano inferiore, invece, viene utilizzato per servire i livelli inferiori dell’edificio, fungendo da ascensore locale, e il suo punto di partenza si trova nel seminterrato o al piano inferiore della sala d’ingresso. Per l’arresto automatico di sicurezza, su ogni cabina è installato un segnale di blocco al fine di evitare la collisione. Questo segnale comunica agli operatori attraverso un segnale luminoso così organizzato: luce verde se la cabina può muoversi perché l’altra è abbastanza distante; luce gialla significa di prestare attenzione perché anche l’altra cabina è in movimento, luce rossa se l’altra cabina si sta avvicinando troppo”

June 10, 1930.

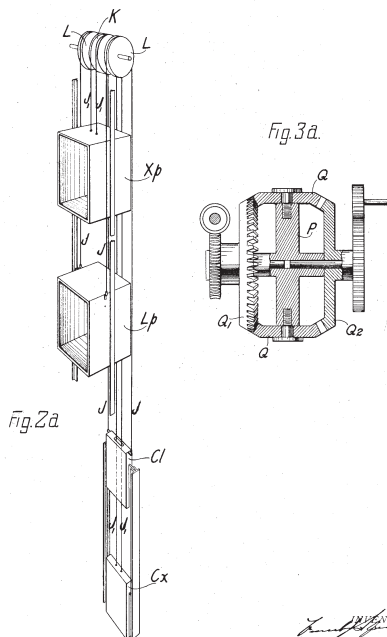
F. J. SPRAGUE

1,763,198

DUAL ELEVATOR SYSTEM AND CONTROL

Filed Dec. 31, 1926

7 Sheets-Sheet 4



June 10, 1930.

F. J. SPRAGUE

1,763,198

DUAL ELEVATOR SYSTEM AND CONTROL

Filed Dec. 31, 1926

7 Sheets-Sheet 1

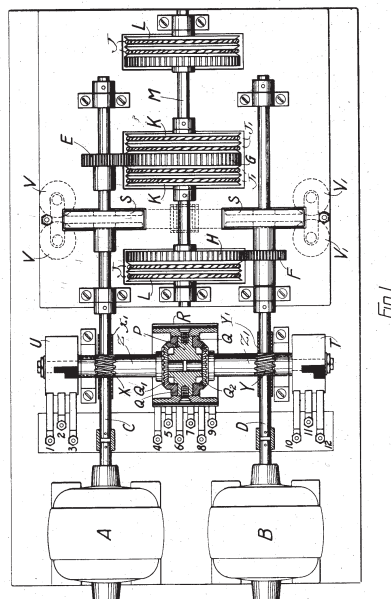


Fig. 1.

INVENTOR.  
BY *[Signature]*  
ATTORNEYS.

*[Signature]*  
INVENTOR.  
BY *[Signature]*  
ATTORNEYS.

**Figura 3:** I disegni tecnici presentati nel brevetto del sistema Dual Elevator di Sprague. Sulla sinistra una vista rappresentativa della relazione tra le due cabine e i relativi elementi costituenti all’interno del medesimo vano di corsa. Sulla destra una vista dall’alto dei due motori a trazione combinati assieme per muovere le due cabine dell’impianto.

Fonte: Sprague, 1930

**Figura 4:** Due articoli usciti su *Popular Science* rispettivamente nel 1931 e nel 1932. Il primo annuncia la presentazione del nuovo dispositivo di Sprague, mentre il secondo ne descrive l'installazione presso la *Westinghouse Company*. L'articolo riporta una foto dell'interno della cabina e una sezione schematica del dispositivo inserito all'interno dell'edificio.  
Fonte: *Popular Science*, 1931 e 1932

**PLANS TWO ELEVATORS FOR ONE SHAFT**



being used cut stone.

**USE ALL**

of dust coils of laths Professor Creek Coils between or colder ce of tem- its of ice of ill or tem- occur.



How office workers of the future may ride to and from their places of business is shown by the model of a two-car elevator shaft constructed by Doctor Frank J. Sprague, well-known electrical engineer and pioneer elevator designer. Passengers for upper floors will take a car that runs ahead of the local car, which carries passengers for lower floors only. Separate drums and cables will hoist the "express" and "local" cars independently, passengers boarding the "express" on the first floor and the "local" in the sub-basement. The two-car elevator is like a railroad, with express trains running ahead of the locals. Electric safety devices patented by Doctor Sprague will keep the two cars from crashing together or overspeeding. Sprague's safety device is also designed to stop the car and hold it suspended so it cannot fall in case the cable operating either express or local breaks. This idea, it is said, will save space now devoted to elevator shafts in tall buildings.

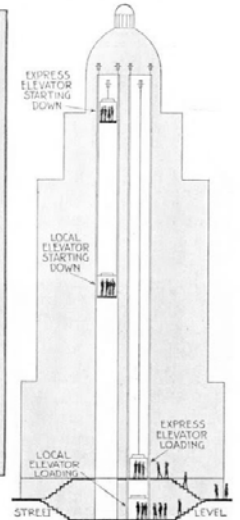
**TWO ELEVATORS RUN IN ONE SHAFT**

LAST MONTH *POPULAR SCIENCE MONTHLY* described the amazing proposal of a New York electrical engineer, Frank J. Sprague, to run "express" and "local" elevators in the same shaft. Now engineers of the Westinghouse Electric and Manufacturing company, with whom he acted as consultant, announce that they have perfected such a system. What is more, they have actually completed the world's first installation of two elevators in one shaft.

Upper floors are reached by taking the top, or "express" elevator. Beneath it in the same shaft, a "local" elevator serves the lower floors. Block signals like those of a railroad keep the cars at a safe distance from each other. Each operator in the car watches an illuminated panel that flashes a green light when the headway is clear, amber for caution, and red when the other car is approached. Automatic safety stops make a collision impossible.



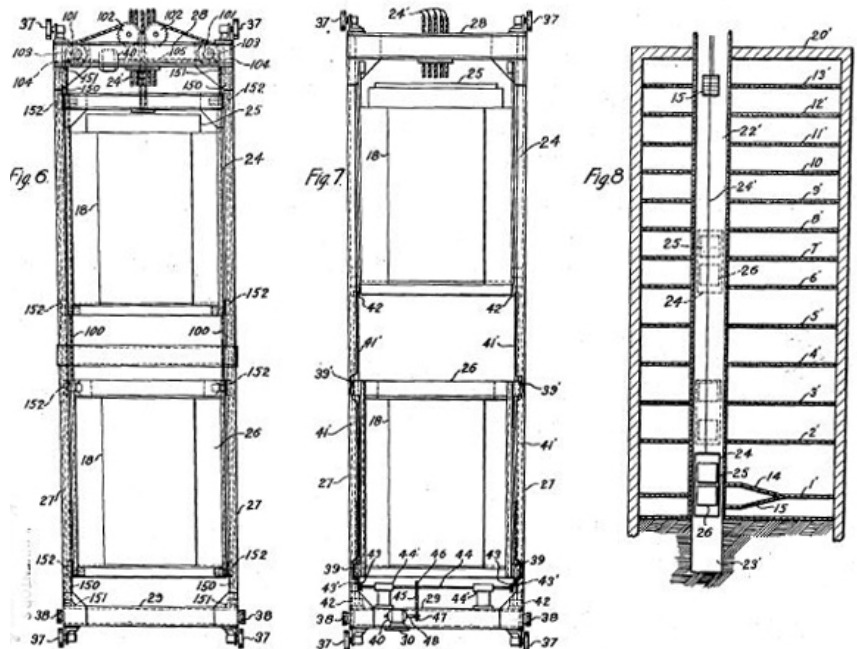
Above, the express elevator in the two-car shaft loaded and ready to start. At right, diagram indicating manner in which the two elevators are operated.



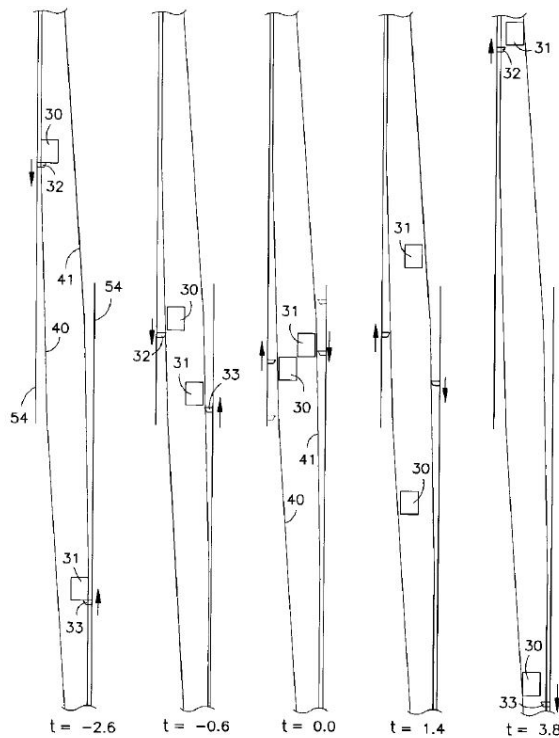
Il Dual Elevator riscosse un considerevole successo ma, soprattutto a causa della crisi di quegli anni, questa sua applicazione rimase l'unica. Tuttavia, sin da subito altre aziende di settore, prima tra tutte Otis, guardarono con interesse alla soluzione proposta (Auvinen 2015).

Nel 1933 segue il brevetto per il Multicage Elevator di Henry D. James. Quasi paragonabile ad un impianto *double-deck* convenzionale, il Multicage consisteva in una vera e propria gabbia metallica al cui interno erano state collocate due cabine, separate tra di loro, si veda la **Figura 5**. La cabina inferiore era collegata e fissata alla gabbia contenitiva, quella superiore, invece, poteva scorrere lungo delle guide per potersi meglio adattare all'eventuale cambio di altezza di interpiano tra i vari livelli dell'edificio (James e Boozer 1933), non ci sono tracce di applicazioni del sistema Multicage.

**Figura 5:** In figura il Multicage brevettato da James, un dispositivo simile ad un impianto *double deck* in cui però le cabine non solo sono scollegate ma quella inferiore ha un grado di libertà in più, potendo muoversi liberamente all'interno della gabbia.  
Fonte: James e Boozer, 1933



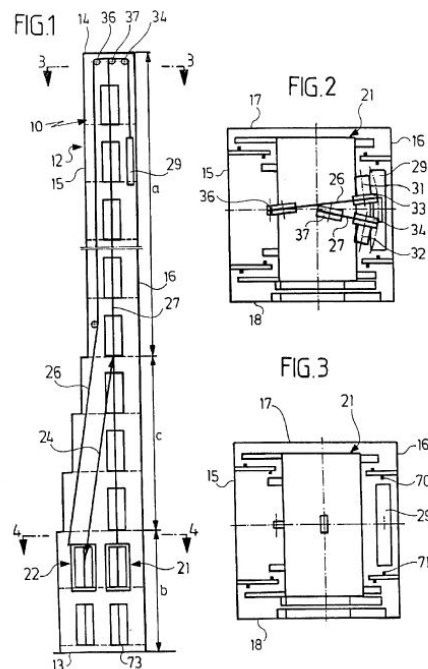




**Figura 6:** La figura cerca di riproporre le sequenze successive di spostamento delle cabine lungo il vano di corsa. Le cabine si avvicinano alla sezione centrale perché mosse da un convenzionale sistema a funi e contrappeso. Raggiunto il punto di snodo i motori elettrici lineari ne prendono in carico lo spostamento per condurle alle sezioni successive, dove si riconnetteranno ad un impianto convenzionale.

Fonte: Barrett et al. 1998

Verso la fine degli anni Novanta, Otis presenta un nuovo brevetto di un impianto *multi-car* dove il sistema di trazione a funi viene abbinato ad un motore elettrico lineare. Il brevetto prevede che due cabine che si muovano in modo alternato all'interno del medesimo vano di corsa. Il vano, come si può vedere in **Figura 6**, non ha una sezione costante ma al centro diventa più ampio. Questo perché, secondo il progetto proposto, lungo il tratto superiore e inferiore del vano, quelli a sezione costante, le cabine vengono spostate da un convenzionale impianto a trazione, in corrispondenza della sezione centrale più ampia, invece, le cabine si sganciano da funi e contrappesi e vengono trasportate dai motori ad induzione lineare. La sezione centrale doveva essere larga abbastanza per permettere il passaggio contemporaneo delle due cabine. Superata questa, le cabine si riagganciano alle funi e ai contrappesi dell'altra sezione e continuano il proprio moto (Barrett, et al. 1998).



**Figura 7:** La figura riporta la configurazione base del brevetto presentato da thyssenkrupp per collocare più cabine nello stesso vano di corsa. Come si vede, le cabine si muovono sia lungo tracciati condivisi che separati, a seconda delle esigenze.

Fonte: Reutner et al. 2005

**Figura 8:** Il sistema TWIN di thyssenkrupp installato nel St. Botolph building. Le cabine, una indicata in giallo e una in rosso, servono livelli differenti dell'edificio.

Fonte: [www.thyssenkrupp.com](http://www.thyssenkrupp.com)

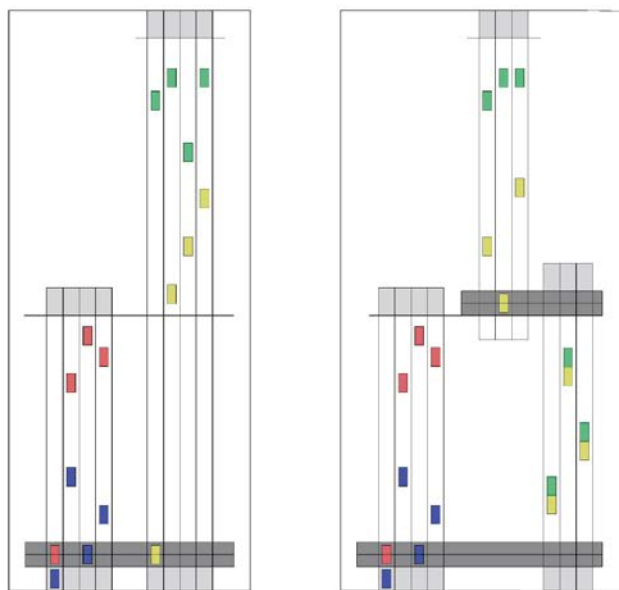


<sup>4</sup> Si propone la seguente traduzione: “Il movimento delle due cabine lungo il vano ascensore avviene parzialmente lungo una sezione di binario comune e parzialmente lungo sezioni di binario separate disposte una accanto all'altra. Ciò offre la possibilità di utilizzare più cabine in un vano ascensore, in cui ciascuna può servire, in particolare, i fine corsa e le singole cabine possono viaggiare indipendentemente l'una dall'altra nella stessa direzione o in direzioni opposte l'una all'altra. A seconda dell'area all'interno di un edificio, in cui è previsto un numero particolarmente elevato di passeggeri, le sezioni di binario separate possono essere disposte una accanto all'altra, ad esempio in una zona inferiore, una centrale e/o una superiore area del vano ascensore, in cui le sezioni di binario separate sono collegate tra loro tramite sezioni di binario comuni”.

**Figura 9:** Sulla sinistra il sistema TWIN utilizzato per un servizio locale in una configurazione low-rise high-rise, sulla destra viene utilizzato sempre per il servizio al piano ma in abbinamento ad un sistema express con cabine double-deck.

Fonte: thyssenkrupp, 2003

A inizio anni 2000, anche thyssenkrupp presenta una soluzione simile a quella appena descritta dove la conformazione del vano di corsa permette alle cabine di superarsi a vicenda, affiancandosi. In questo caso, tuttavia, non è previsto l'utilizzo di un motore ad induzione ma tutte le fasi di spostamento delle cabine sono gestite da un convenzionale impianto a funi. “The movement of the two cars along the elevator shaft is therefore partially along a common track section and partially along separate track Sections arranged next to one another. This provides the possibility of using several cars in one elevator shaft, wherein each car can service, in particular, the end stops and the individual cars can travel independently of one another in the same direction or in directions opposite to one another. Depending on the area within a building, in which a particularly large number of passengers is to be expected, the Separate track Sections which are arranged next to one another can be arranged, for example, in a lower, a central and/or an upper area of the elevator shaft, wherein the separate track sections are connected to one another via common track Sections”<sup>4</sup> (Reutner, et al. 2005).



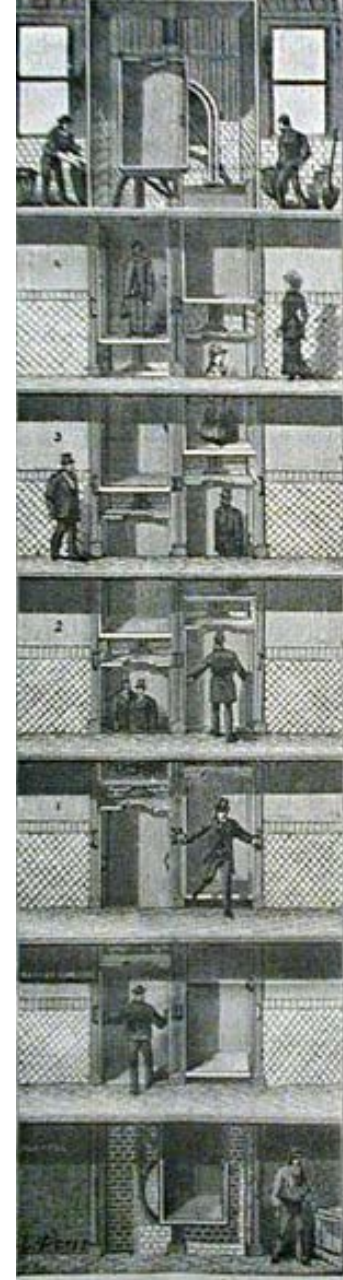


Di maggiore successo un altro brevetto presentato sempre da Thyssenkrupp negli stessi anni, con evidenti richiami al Dual Elevator di Sprague, ma aggiornato con gli avanzamenti tecnologici dell'epoca e le esperienze raccolte dalle applicazioni di impianti *double-deck*. Si tratta del sistema TWIN, installato per la prima volta l'Università di Stoccarda nel 2003 (Strakosch e Caporale 2010). Lo stesso vano di corsa ospita due cabine completamente indipendenti ed autonome che servono sezioni differenti, come per il progetto di Sprague, la cabina superiore è collegata al contrappeso tramite una fune, mentre quella inferiore tramite due funi ai lati. Entrambe le cabine possono raggiungere il piano terra per permettere la salita o la discesa dei passeggeri. Quando quella superiore deve servire il piano terra, quella inferiore scende in uno spazio dedicato al di sotto del piano principale dove rimane in attesa di poter risalire (Smith, et al. 2010). Il sistema TWIN è stato installato in diversi edifici come la Banca centrale a Francoforte, il Rain Square a Perth, Federation Tower di Mosca e lo Sky Office a Düsseldorf, e presso l'Università di Stoccarda, la prima installazione, dove è stato presentato e lanciato sul mercato (thyssenkrupp elevator s.d.).

Thyssenkrupp suggerisce di applicare il sistema TWIN per effettuare un servizio massimo di 35 piani consecutivi e propone alcune interessanti soluzioni alternative. Come si vede negli schemi riportati in figura, i sistemi TWIN potrebbero essere applicati per effettuare il servizio al piano in una configurazione *in bank* (*low-rise e high-rise*). Oppure, come mostra il secondo schema, di abbinare il sistema TWIN, per un servizio locale, ad uno espresso con cabine *double-deck*. Così facendo anche le *sky-lobby* di riferimento del sistema TWIN sarebbero a due livelli, facilitando il processo di salita e discesa degli utenti (thyssenkrupp 2012).

#### 4.2.2 Configurazioni a circuito

Nella seconda categoria di impianti multi-car a funi raccoglie i dispositivi pensati per seguire tracciati circolari chiusi, lungo i quali le cabine si muovono in successione, una dietro all'altra, per servire i vari piani.

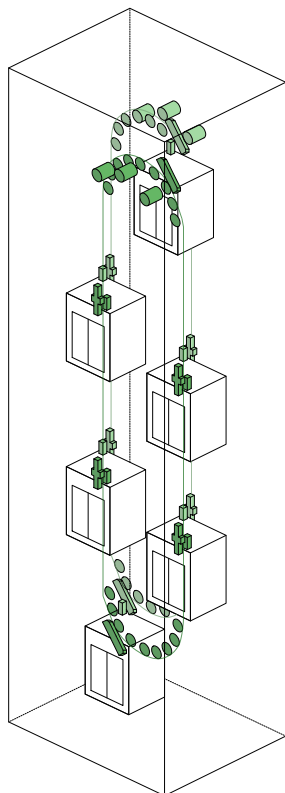


**Figura 10:** Sulla sinistra una rappresentazione di un impianto Paternoster dove si intuisce come funziona e come si utilizza. Sulla destra una foto del Paternoster ancora in funzione nel Municipio di Praga.

Fonti:

Foto: Municipio di Praga, scattata dall'autore, novembre 2018

Disegno: Gavois, 1983.



**Figura 11:** Il sistema Multi-Car di Hitachi, una rivisitazione del precedente ascensore Paternoster. Nel Multi-Car, però, le cabine fermano al piano e sono munite di porte di cabina, evitando ai passeggeri il rischio di dover saltare dentro e fuori dalle cabine con l'impianto in movimento, come accadeva nel Paternoster.

Fonte: Hagiwara, et al. 2012

Precursore di questa prima tipologia di impianti *multi-car* a circuito è il Paternoster. Conosciuto anche come “*mechanical dinosaur of vertical transport*” o più convenzionalmente come “*cyclic passenger elevator*” o ascensore perpetuo ha riscontrato un considerevole successo soprattutto in Germania negli anni a cavallo tra Ottocento e Novecento, quando venne installato in edifici per uffici multipiano di altezza contenuta (Lampugnani e Hartwig 1994). Il Paternoster, come si vede in **Figura 9**, è costituito da due vani di corsa adiacenti, affiancati l'uno all'altro, e connessi sia in sommità sia alla base, creando un circuito chiuso. Le cabine sono collegate tra di loro e si muovono costantemente, da qui il termine perpetuo, senza mai fermarsi. Gli utenti, per poter utilizzare il servizio, dovevano letteralmente saltare dentro e fuori dalle cabine mentre si muovevano. Per questo motivo il sistema non è munito di porte e le cabine sono di dimensioni contenute, possono infatti ospitare massimo due o tre persone alla volta. È stato molto apprezzato, visto che permetteva di smaltire il traffico interpiano molto velocemente, portando quasi a zero il tempo di attesa.

Tuttavia, sebbene ci siano ancora alcuni dispositivi installati in alcuni edifici storici, questo tipo di ascensore è stato vietato per ovvie questioni di sicurezza. Gli incidenti erano frequenti e nel 1994 la “*Regulation of Lifts*” della Repubblica Federale Tedesca vietò la realizzazione di qualsiasi nuova installazione di impianti ciclici per il trasporto di passeggeri all'interno degli edifici, fossero essi privati o pubblici. Un sistema Paternoster venne installato anche nella Torre Lancia a Torino, rimase in funzione fino al 1957 e contava ben 34 cabine poste in successione e 16 accessi/uscite, quindi 16 piani (Città di Torino 2002). Nel 1996 Hitachi presenta l'ascensore Multi-car, molto simile al Paternoster ma con la presenza di porte di cabina e di piano. Anche in questo caso, come si vede in **Figura 11**, il sistema si compone di due vani di corsa verticali collegati in alto e in basso da sezioni orizzontali. Le cabine si susseguono come i vagoni di un treno ma non sono scollegate tra di loro, ognuna ha il proprio sistema di funi a trazione indiretta collocato sulla sommità del vano di corsa (Hagiwara, et al. 2012).

#### 4.2.3 Soluzioni ibride

Degno di essere menzionato l'impianto Castello d'Albertis – Montegalletto di Genova, sviluppato da una collaborazione tra Agudio (ora Leitner S.p.A) e Maspero. Il dispositivo fa parte della rete di trasporto pubblico della città. Si tratta di una soluzione ibrida che combina in impianto ascensore convenzionale con un impianto a funicolare (si veda Figura 11). Un primo tratto si sviluppa in orizzontale all'interno di una galleria a cui si accede da Via Balbi, una delle due fermate che effettua il servizio. Lungo tale tracciato, può viaggiare solo una cabina alla volta ed essa viene mossa da un sistema a funi, collocate lateralmente rispetto alla cabina, proprio come in una funicolare. Al termine della galleria, c'è una curva di raccordo che porta all'imbocco del cavetto verticale che raggiunge Corso Dogali, l'altra fermata capolinea. In questo tratto curvo la cabina si sgancia dalle funi e viene spinta da

pagina seguente

**Figura 12:** A sinistra il tratto orizzontale dell'impianto Montegalletto-Castello d'Albertis dove la cabina si muove grazie ad un impianto funicolare fino alla curva, dove viene invece spinta da un sistema automatizzato di pneumatici. A destra la cabina è stata condotta all'interno di un'intelaiatura metallica, installata nel vano verticale, che funziona come un sistema ascensore convenzionale.

Fonte: ing. Giuliano Zannotti, Agudio (ora Leitner).



una serie di pneumatici all'interno di una gabbia metallica all'inizio del cavedio che funge da vano per accogliere i due elevatori. Una volta messa in sicurezza all'interno di tale telaio, la cabina diventa a tutti gli effetti quella di un convenzionale ascensore mosso da fune e contrappeso, che le permettono di raggiungere l'estremità superiore del cavedio. Le due cabine sono state progettate per accogliere sino ad un massimo di 23 persone, sia sedute che in piedi, e si alternano lungo il tratto verticale dato che quello orizzontale è dimensionato per accogliere una sola cabina alla volta. Il tratto di raccordo è il punto in cui le due cabine si "incontrano" e dove si alterano. Tutte le fasi di spostamento delle due cabine sono sincronizzate e completamente automatizzate<sup>5</sup>.

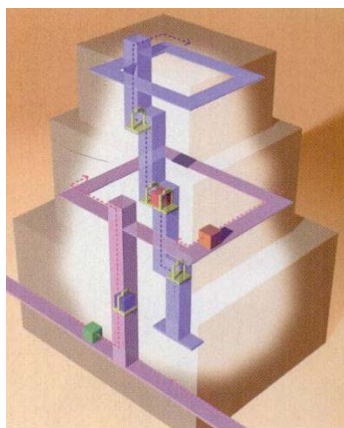
*"Drawing from the vast Otis Technology base, we have created Odyssey, the integrated Odyssey, the integrated building transit system. You can forget every design limitation imposed by tradition people-moving technologies. You can build as high or as wide as you like. You can interconnect structures. You can dictate configurations, performance and dispatching characteristics. And you can count on lower construction costs and larger interior volumes; an Odyssey system eliminates hoist ways and machine rooms that consume valuable, rentable space"*<sup>6</sup> recitava l'opuscolo di presentazione fatto circolare da Otis nel 1996 per presentare ufficialmente il dispositivo Odyssey, in grado di muoversi sia lungo tracciati orizzontali che verticali (Koolhaas e Boom 2014).

James Fortune definisce il sistema Odyssey come una combinazione tra un ascensore convenzionale e un people mover automatizzato, in grado di viaggiare sia in verticale che in orizzontale (Fortune 1998).

Nel sistema Odyssey le cabine non sono in grado di muoversi da sole ma vengono collocate sopra piattaforme o all'interno di gabbie metalliche grazie all'applicazione di motori ad induzione lineare. Per lo spostamento lungo il tratto verticale la cabina viene inserita all'interno di un telaio metallico collegato, come se fosse un convenzionale ascen-

<sup>5</sup> Informazioni ottenute durante una visita all'impianto e un incontro con l'ing. Giuliano Zannotti che ha preso parte alla redazione del progetto dell'impianto di Motegalletto-Castello d'Albertis per Agudio (ora Leitner).

<sup>6</sup> *"Otis è orgogliosa di annunciare la prima vera soluzione al mondo per il trasporto verso, all'interno e tra edifici verticali e orizzontali. Attingendo dalla vasta offerta della tecnologia Otis, abbiamo creato Odyssey, il sistema integrato Odyssey, il sistema integrato di transito degli edifici. Puoi dimenticare ogni limite di progettazione imposto dalle tradizionali tecnologie di spostamento delle persone. Puoi costruire alto o largo quanto vuoi. È possibile interconnettere le strutture. È possibile creare nuove configurazioni, prestazioni e caratteristiche di circolazione. E puoi contare su minori costi di costruzione e maggiori volumi interni; il sistema Odyssey elimina le i vani di corsa e le sale macchine che consumano spazio affittabile".*



**Figura 13:** A Immagine del sistema Odyssey pubblicata su Popular Science nel 1997.  
Fonte: Immagini: Barker, 1997

**Figura 14:** Diverse combinazioni di vani di corsa verticali più corti possono servire l'intera estensione dell'edificio. Le cabine possono seguire l'andamento dei vani grazie alla possibilità di spostarsi in orizzontale.

Fonte: Auvinen, 2015

pagina seguente

**Figura 15:** Il prototipo del sistema Odyssey realizzato nel centro di collaudo di Otis a Bristol. Come si vede nella prima immagine da sinistra è stato realizzato un punto di snodo costituito da una porzione di tracciato orizzontale interrotto dal vano verticale. Le due immagini sulla destra sono state scattate in occasione della presentazione del sistema Odyssey. Sulla sinistra si vede la cabina che dalla piattaforma di trasporto orizzontale entra nel vano ascensore per proseguire il moto in verticale. Sulla destra gli utenti all'interno della cabina attrezzata con sedute ed elementi per reggersi in piedi, ritenuti fondamentali nei momenti di transizione tra moto orizzontale e verticale.

Fonte: Koolhaas e Boom, 2014

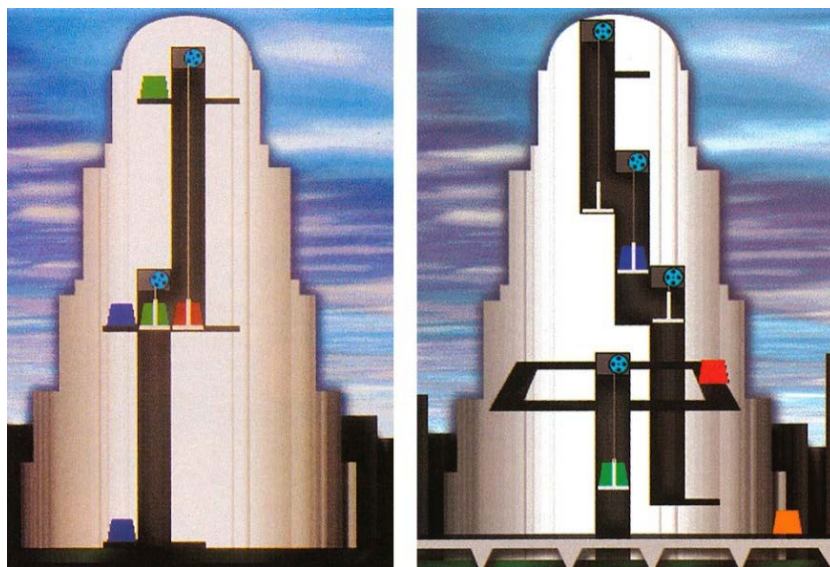
sore, ad un contrappeso tramite una fune di trazione.

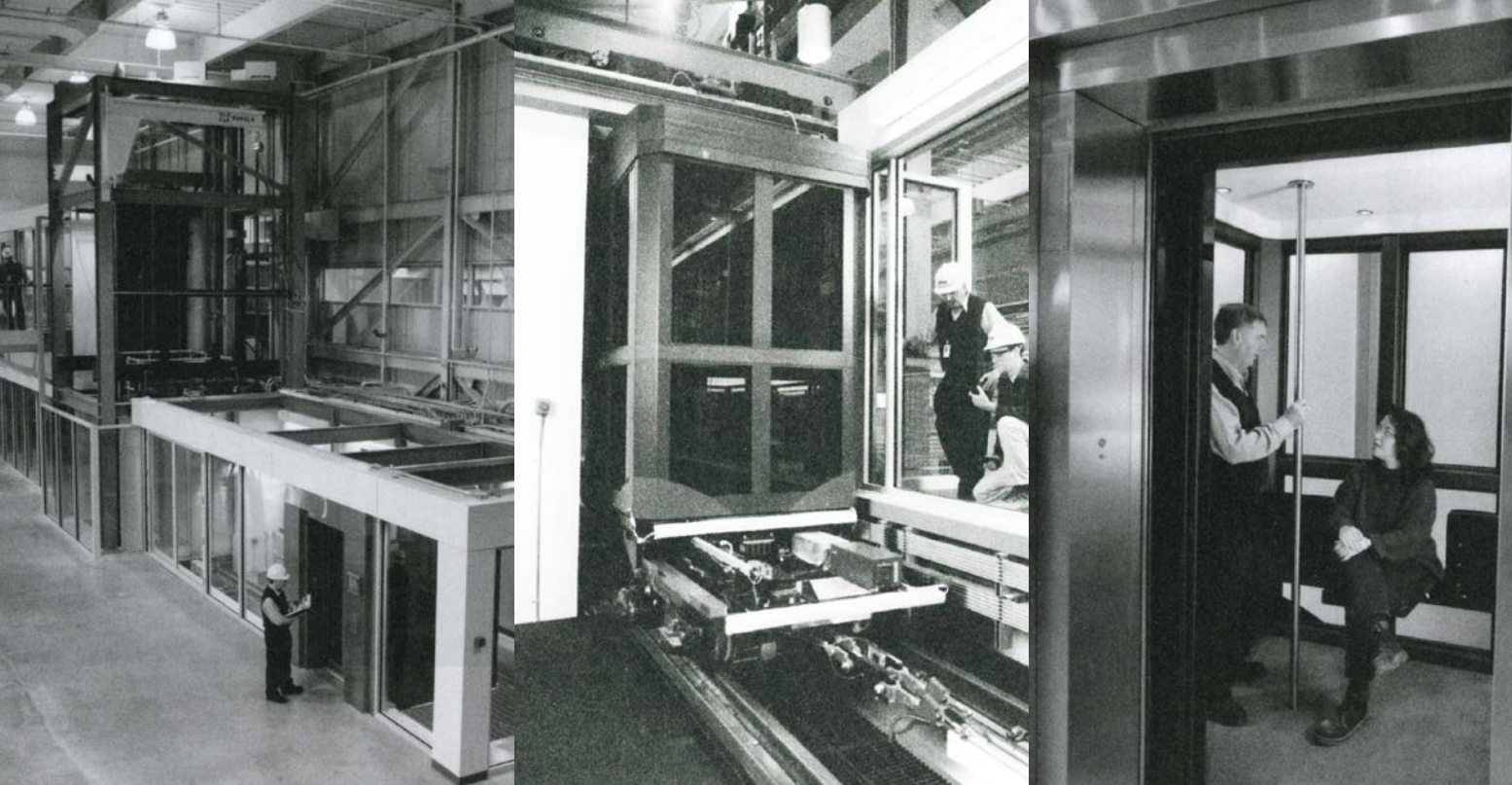
Per il tratto orizzontale, invece, la cabina viene alloggiata su di una pedana mobile. Lo spostamento dalla piattaforma orizzontale all'intelaiatura metallica dovrebbe avvenire tramite l'applicazione in un motore ad induzione lineare (Barker 1997). Otis sviluppa due differenti alternative di applicazione del sistema Odyssey:

1. *Shuffle*: (immagine a sinistra di **Figura 14**). Si compone di vani di corsa verticali che collegano il piano principale di ingresso con le *sky-lobby* distribuite lungo la torre. In corrispondenza delle *sky-lobby*, le cabine possono traslare orizzontalmente per far salire e scendere i passeggeri. Inoltre, la traslazione orizzontale permette alle cabine di raggiungere il vano di corsa verticale successive, lungo il quale la cabina può continuare a salire.
2. *Switch*: (immagine a destra di **Figura 14**). Si compone di vani di corsa verticali in successione o in punti diversi dell'edificio, che le cabine possono raggiungere grazie alla traslazione in orizzontale. Inoltre, le cabine possono seguire tracciati orizzontali lungo il perimetro dell'edificio per raggiungere i vari servizi.

Venne realizzato un prototipo in scala 1:1 nel centro Otis di Bristol in Connecticut dove gli utenti potevano vedere i vari elementi dell'impianto e seguire alcune proiezioni esplicative, come si può vedere nelle immagini riportata in **Figura 14** (Koolhaas e Boom 2014). Tuttavia, non venne mai applicato in edificio, probabilmente per ragioni economiche (Barker 1997).

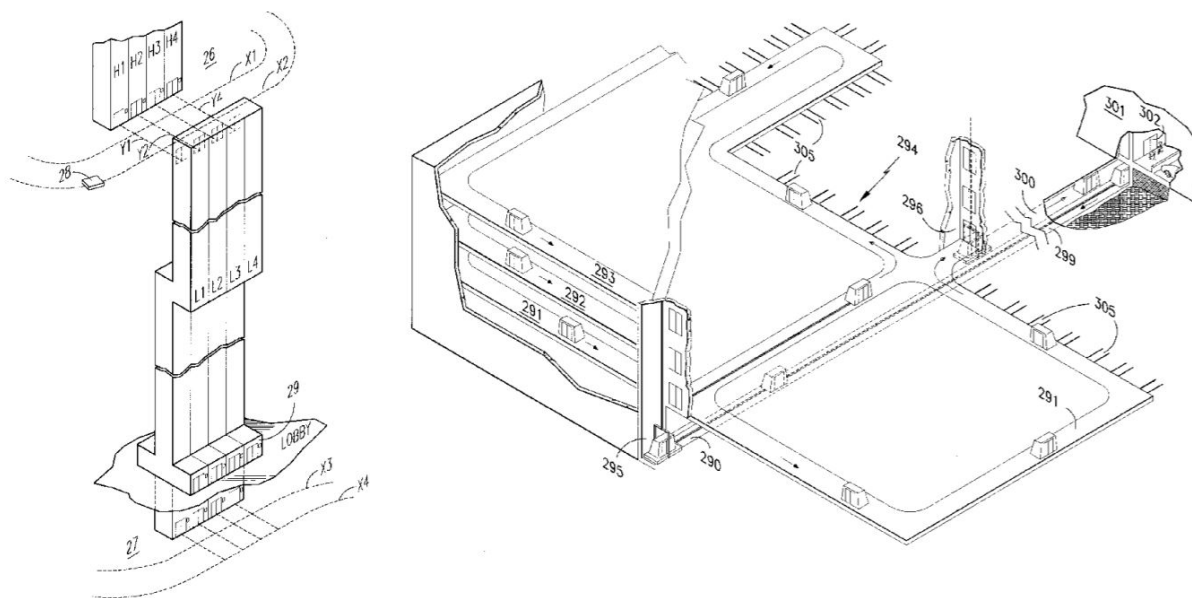
Tuttavia, una versione leggermente modificata è stata utilizzata per la Torre del Terrore del parco di divertimenti di Disneyland in Florida (CIBSE LIFTS GROUP 2015). Qui gli utenti vengono trasportati sia in verticale sia in orizzontale attraverso l'edificio, durante il viaggio vengono proiettati effetti speciali che, uniti al movimento inaspettato e brusco della cabina in cui si trovano, costituiscono i punti salienti dell'attrazione.

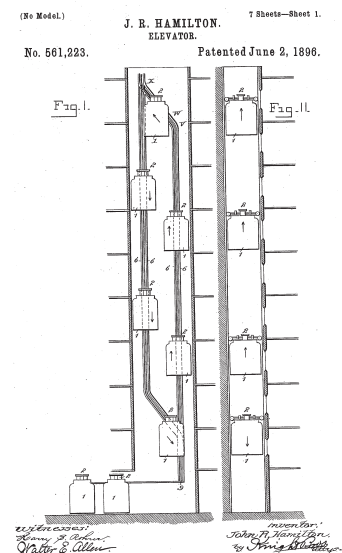




Grazie alla capacità di Odyssey di percorrere distanze praticamente illimitate, sia orizzontalmente che verticalmente, il sistema avrebbe potuto essere utilizzato per scopi molto diversi. Come si vede in **Figura 16**, uno dei concetti proposti era quello di ridurre le lunghe tratte da percorrere a piedi nei grandi complessi edilizi; ad esempio aeroporti e centri commerciali o per mettere in comunicazione i parcheggi e gli edifici, solitamente collocati distanti tra di loro. Odyssey avrebbe potuto funzionare come un treno in miniatura, un *people mover*, per trasportare le persone da un punto all'altro senza dover cambiare cabina (McCarthy, et al. 1996)

*Figura 16: Il sistema Odyssey applicato in edifici di grandi dimensioni. Si vede come i passeggeri sarebbero potuti rimanere comodamente seduti all'interno delle cabine mentre veniva trasportati da un punto ad un altro dell'edificio.*  
 Fonte: McCarthy et al. 1996





**Figura 17:** Il sistema di trasporto di Hamilton applicato ad un ipotetico edificio di 10 piani che permette a più cabine di percorrere contemporaneamente il circuito indicato.

Fonte: Hamilton, 1896

### 4.3 Soluzioni innovative

La seconda categoria di ascensori *multi-car* è quella in cui le cabine sono semoventi e non sono più collegate a funi o contrappesi.

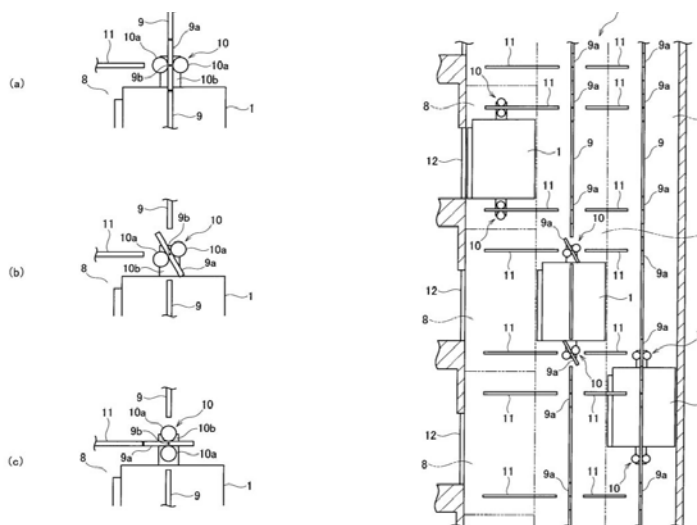
Verso la fine dell'Ottocento, nel 1896, l'ingegnere americano John Hamilton brevetta il suo progetto di ascensore *multi-car* dove ogni cabina era munita di un motore elettrico collegato ad un sistema a cremagliera che permetteva di seguire i binari del tracciato, come si può vedere in **Figura 17** (Hamilton 1896).

Questo fu uno dei casi in cui le cabine, libere da funi e contrappesi, erano state pensate per seguire tracciati non lineari. In altre proposte e brevetti, invece, lo spostamento delle cabine era ancora circoscritto all'interno di un singolo vano verticale.

Un brevetto del 2006 di Toshiba, invece, propone un impianto multi-car semovente che permette alle cabine di traslare in orizzontale per la fase di salita e discesa dei passeggeri, lasciando libero il vano di corsa verticale dove altre cabine possono continuare a viaggiare senza dover attendere il termine delle operazioni della prima cabina, come si capisce dalla **Figura 18** (T. Kazuhiro 2006).

Nel brevetto di Kazuhiro le cabine si spostano grazie allo spostamento dei binari guida che le cabine seguono, proprio come accade per i binari dei tram. Una simile configurazione, inoltre, potrebbe suggerire l'inserimento di altri vani di corsa verticali affiancati tra di loro dove le cabine possano spostarsi grazie ai collegamenti orizzontali. In un brevetto successivo Kazuhiro introduce anche l'idea di creare uno spazio di sosta e parcheggio dove le cabine possano aspettare prima di entrare in circolazione se necessario, si veda la **Figura 19** (Kazuhiro e Tanaka 2007).

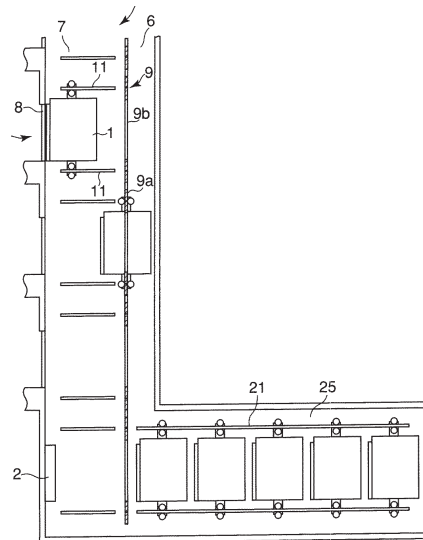
Una proposta simile a quella di Hamilton arrivò nel 2011, quando l'ingegnere Godwin sviluppò il suo Skytrack (Godwin e Godwin 2011). Il progetto prevede una coppia di vani di corsa adiacenti al



**Figura 18:** Sulla destra una sezione verticale del vano di corsa dove si vedono le aree di sosta in cui le cabine si immettono per far salire o scendere i passeggeri. Sulla sinistra una rappresentazione schematica di come funzionano gli scambiatori che permettono alle cabine di passare dal moto verticale a quello orizzontale.

Fonte: Kazuhiro, 2006

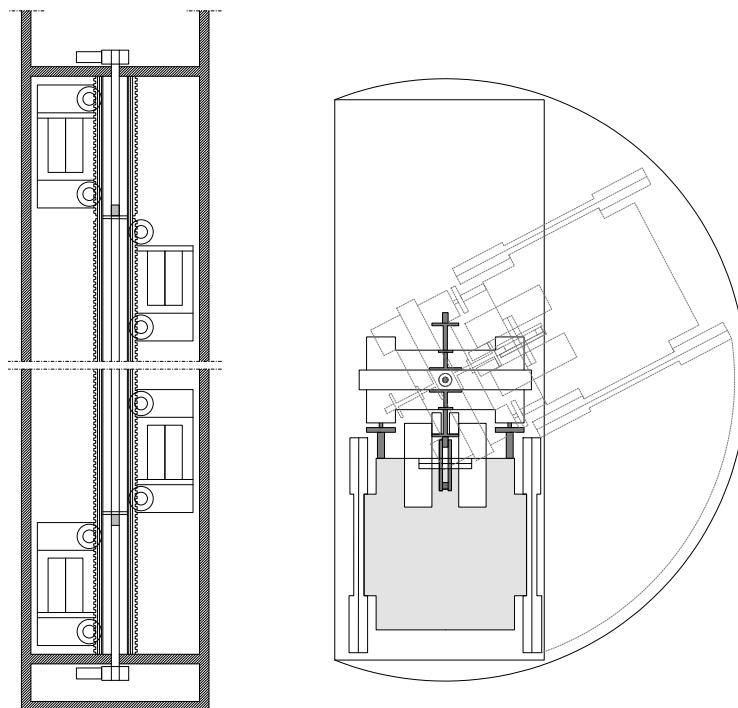




**Figura 19:** La sezione vuole rappresentare le cabine parcheggiate nell'area di sosta in attesa di essere immesse nel circuito. Fonte: Kazuhito, 2007

centro dei quali si trova un track che, in sommità e alla base dei vani, ruota, spostando la cabina da un vano all'altro. Vista la rotazione le cabine sono munite di porte su due lati opposti, come si può evincere dalla **Figura 20** (Godwin e Godwin 2015).

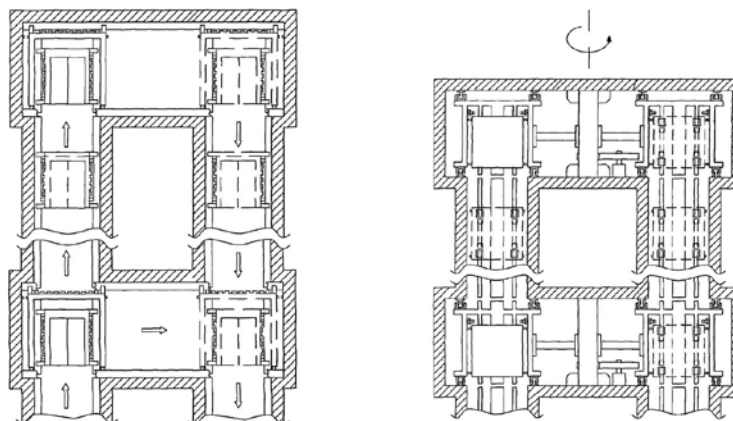
Ogni cabina non viene mai rimossa dalla propria sede, come avviene in altri dispositivi presentati prima, ma continua a muoversi lungo l'elemento centrale fino ad arrivare alla sommità, o alla base, del vano. Qui, una volta in sicurezza, la sezione del binario viene ruotata di 180 gradi fino a quando non si allinea con le guide del vano di corsa adiacente, permettendo alla cabina di riprendere il moto nel verso opposto. Il tempo per effettuare lo scambio, passando da un vano all'altro è stimato attorno ai 30 secondi. Inoltre, sono previste aree di manu-



**Figura 20:** Sulla sinistra il sistema Sky-track di Godwin in sezione, sulla destra una rappresentazione in pianta di come la cabina ruota per spostarsi da un vano all'altro in corrispondenza dei punti di scambio, quindi in sommità e alla base del vano di corsa.

Fonte: Godwin e Godwin, 2015.

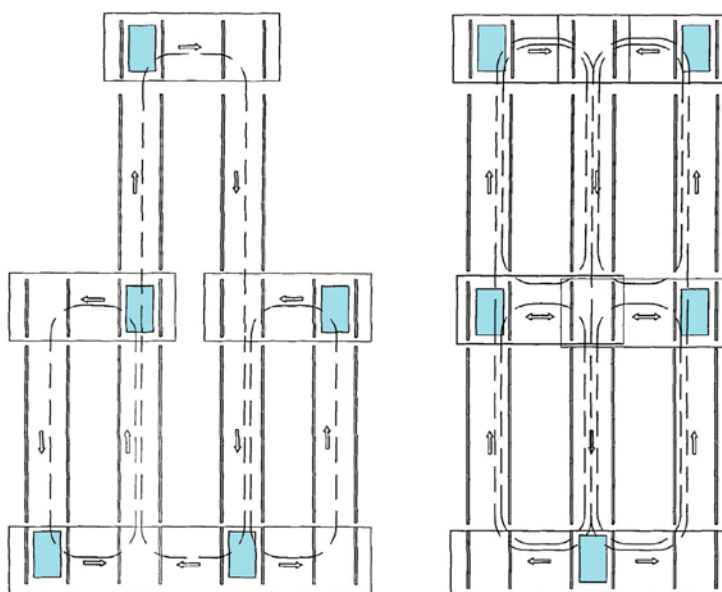
**Figura 21:** Le due soluzioni proposte dal team di ricerca dell'Università di Henan. L'ascensore a sinistra include la slitta che si muove in senso orizzontale e l'ascensore di destra utilizza un apparato rotante. Fonte: Xudong et al. 2010



tenzione/parcheggio che consentono alle cabine di essere parcheggiate *off-line* quando c'è poca richiesta o di essere riparate o pulite ecc. L'elemento centrale della "colonna vertebrale" è costituita da un serie di sezioni in acciaio su cui sono montati gli statori dei motori lineari (A. Godwin 2012). Da questa prima possibile applicazione Godwin passa poi a proporre scenari più complessi dove le cabine seguono tracciati curvilinei e circolari e si propongono come sistemi di trasporto urbano.

Nel 2010, i ricercatori della University Henan Polytechnic hanno richiesto la validazione di un brevetto per un impianto rope-less multi-car con motore ad induzione lineare. La proposta vede un sistema di guide verticali che fungono da statore, mentre per i tratti orizzontali lo spostamento può essere realizzato mediante un sistema a slitta o una rotazione del dispositivo di trasferimento, come si vede in **Figura 21** (Xudong, et al. 2010).

Il gruppo di ricerca propone che il loro sistema possa essere applicato per creare anche configurazioni molto più complesse e articolate come quelle riportate in **Figura 22**.



**Figura 22:** Complesse configurazioni del sistema presentato dal team di ricerca dell'Università di Henan. Potendo circolare più cabine lungo gli stessi circuiti si riduce lo spazio necessario agli impianti di circolazione interna dell'edificio. Fonte: Xudong et al. 2010

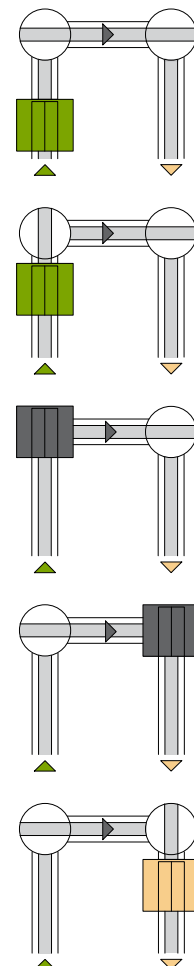
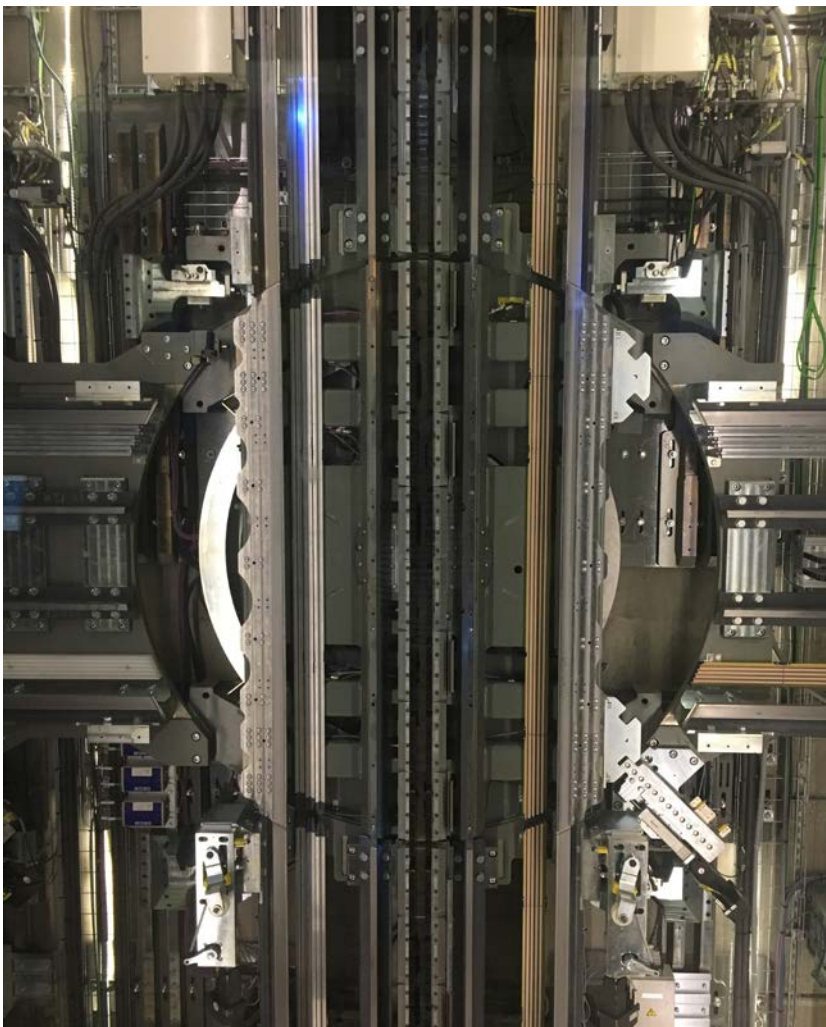
Successivamente, dopo il primo annuncio ufficiale nel 2014, thyssenkrupp presenta nel 2016 il sistema MULTI a Rottweil, in Germania, in occasione dell'inaugurazione della Test Turm (246 metri), la torre per il collaudo di ascensori più alta d'Europa. Il MULTI presenta una configurazione a circuito chiuso, paragonabile al Paternoster, lungo il quale circolano più cabine indipendenti, come in un impianto twin, attrezzate con un motore ad induzione magnetica lineare e, di conseguenza, prive di cavi o contrappesi (si faccia riferimento alla **Figura 23**). *“The MULTI shafts are equipped with coil units and multiple frequency inverters, and the magnet yokes are mounted on the cars. Only coil units that are directly involved in moving a specific car are active, and multiple redundancies in the propulsion system ensure high reliability”*. La cabina è attrezzata con un *“backpack solution with guidance and an integrated linear motor”* che scorre lungo guide metalliche installate lungo il vano. In corrispondenza delle due estremità del loop le cabine possono passare da un vano all'altro, e quindi cambiare direzione di moto, grazie ai rotori. Come si vede in figura, i rotatori sono dispositivi circolari con guide integrate, la loro rotazione permette di modificare i tracciati che la cabina deve percorrere. Il concetto è paragonabile allo spostamento dei binari ferroviari per permettere ai treni di passare da una linea ad un'altra.

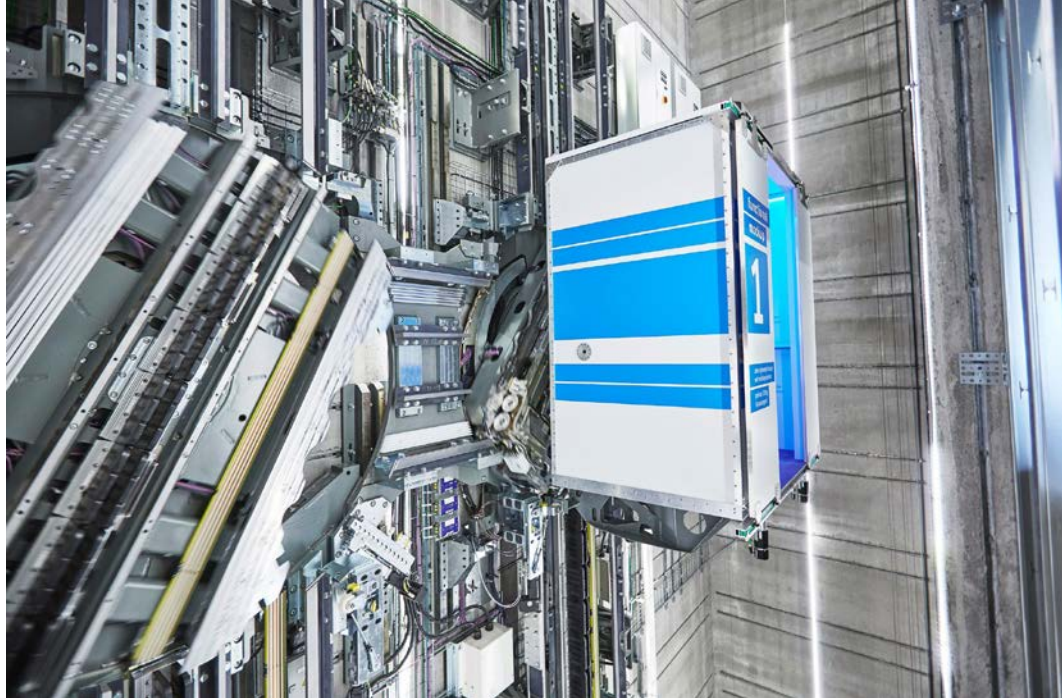
In attesa della rotazione del rotore, la cabina rimane sospesa e ferma, permettendo la salita e la discesa dei passeggeri. Terminata la rotazione e chiuse le porte la cabina può riprendere il movimento. La sicurezza dell'impianto è assicurata da dispositivi di monitoraggio che impediscono alle cabine di avvicinarsi troppo tra di loro durante il moto e da sistemi meccanici di fermata, integrati alla schiena attrezzata della

<sup>7</sup> *“I vani di corsa del MULTI sono dotati di rotori e inverter a frequenza multipla e le parti magnetiche sono montate sulle cabine. Sono attive i rotori direttamente coinvolti nello spostamento di una specifica cabina e molteplici ridondanze nel sistema di propulsione garantiscono un'elevata affidabilità”*.

**Figura 23:** Le linee di supporto del sistema MULTI installato all'interno della TestTurm di Rottweil in Germania. Nell'immagine è possibile vedere chiaramente l'elemento rotante che permette alla cabina di passare dal moto verticale a quello orizzontale. Sotto uno schema in sequenza delle fasi di spostamento della cabina per passare da un vano all'altro, invertendo il senso di moto.

Fonte: entrambi dell'autore





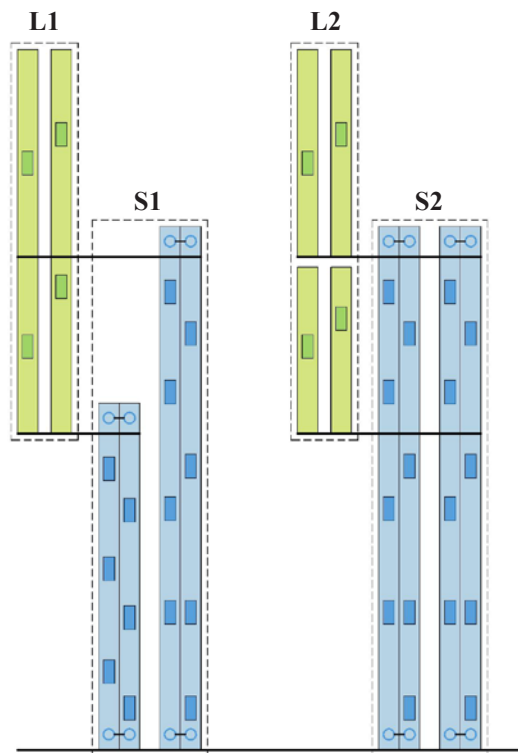
<sup>8</sup> ““le configurazioni con servizi shuttle e sky-lobby che utilizzano i tradizionali ascensori o double-deck hanno limiti e svantaggi nell’efficienza dell’utilizzo del vano di corsa. Infatti, solo una o due cabine utilizzano un lungo vano ascensore. [...] Un sistema multi-car senza funi elimina i limiti e gli svantaggi degli elevatori tradizionali e consente anche configurazioni più flessibili”.

cabina, che ne arrestano il moto in caso di necessità.

Poiché lo spostamento della cabina è totalmente affidato alla levitazione magnetica, thyssenkrupp sta sviluppando una cabina ultraleggera con una struttura in fibre di carbonio. Il peso previsto dovrebbe essere pari a circa 50 kg, praticamente un sesto del peso delle cabine convenzionali che si aggira attorno ai 300 kg. Anche le dimensioni, e quindi la capienza delle cabine del MULTI, sarà inferiore a quelle convenzionali ma, lungo lo stesso circuito viaggeranno più cabine contemporaneamente, una in successione all’altra. Le cabine si muoveranno ad una velocità massima di 5 m/s ma saranno molto più frequenti, potendo viaggiare contemporaneamente lungo lo stesso circuito. “Shuttle and sky lobby arrangements using traditional single or double deck elevators do have limits and disadvantages in shaft efficiency. Still, only one or two cars or cabins use a long single elevator shaft. [...] A circulating, rope-less multicar elevator system eliminates the limits and disadvantage of traditional shuttle elevators and also enables more flexible arrangements”<sup>8</sup> (Jetter e Gerstenmeyer 2015)

L’idea di thyssenkrupp è quella di poter applicare il sistema MULTI in edifici oltre i 300 metri di altezza, sostituendo i convenzionali dispositivi express che collegano il piano terra di riferimento con le sky-lobby collocate lungo l’edificio. Secondo thyssenkrupp il MULTI porterebbe a due grandi vantaggi nel progetto di un grattacielo. In primo luogo i tempi di attesa sarebbero ridotti, vista la presenza continua di cabine. Secondo il gruppo di ricerca, infatti, ipotizzando una configurazione a loop con fermate ad ogni 50 metri, il tempo di arrivo tra due cabine successive andrebbe dai 15 ai 30 secondi. Inoltre, riducendo le dimensioni della cabina e avendo eliminato gran parte dei macchinari ingombranti di un convenzionale ascensore (motore, contrappeso, sala macchine, ecc.) l’ingombro complessivo dell’impianto diminuirebbe, a favore dello spazio servito, portando quindi ad un beneficio economico (Schoellkopf e Muller 2016), motivazione principale che ha spinto verso l’individuazione di questa soluzione tecnologica di trasporto verticale.

Sulla base di questo vengono proposti alcuni possibili schemi di applicazione del sistema MULTI ad un impianto di circolazione interno di un grattacielo. Nel primo caso, come rappresentato in **Figura**



**Figura 24:** I circuiti con tecnologia MULTI potrebbero servire una o più sky-lobby, collocate in successione lungo l'estensione dell'edificio. Basandosi su un motore ad induzione lineare, le cabine potrebbero non avere limiti in termini di estensione dei tracciati da seguire. Una simile configurazione porta ad una consistente riduzione degli spazi solitamente dedicati agli ascensori.

Fonte: thyssenkrupp, 2014

24, il circuito MULTI funge da servizio *express* per collegare il piano terra con le *sky-lobby* dell'edificio. Una prima possibilità potrebbe essere quella di inserire un circuito con tecnologia MULTI da assegnare ad ogni *sky-lobby* presente (S1). Oppure, si potrebbe anche valutare che i circuiti servano più *sky-lobby* successive (S2). Non essendoci funi, contrappesi o altri elementi che limitino l'altezza massima da servire, un impianto *rope-less* ad induzione lineare come il MULTI potrebbe idealmente seguire tracciati infiniti. Per quanto riguarda il servizio al piano, nello schema in figura, si propone sia l'applicazione di sistemi convenzionali (L2) – una cabina per ogni vano – oppure una tecnologia TWIN (L1) dove la due cabine sono assegnate alle due differenti zone in cui è organizzato l'edificio. Una configurazione come quella appena descritta determina un considerevole risparmio di spazio, solitamente necessario per un convenzionale impianto ascensore.

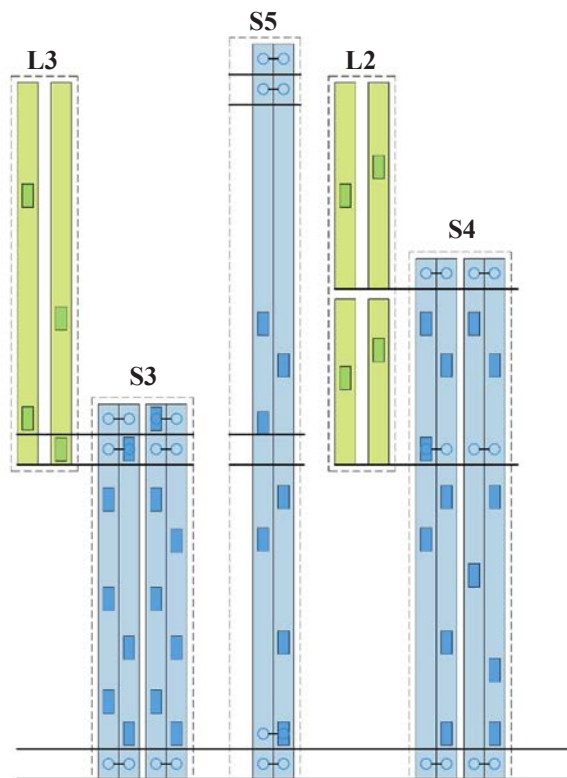
Le configurazioni successive prendono in considerazione *lobby* organizzate in due livelli. Nel primo caso (S3) il piano terra e le *sky-lobby* sono organizzate su due piani successivi. In corrispondenza del piano di scambio, i passeggeri possono raggiungere il servizio *local*, che è già predisposto per servire due zone distinte della sezione di riferimento, grazie all'utilizzo della tecnologia TWIN (L3).

Nella configurazione S4, invece, lo stesso loop serve due piani di trasferimento successivi cui corrispondono servizi *local* già distinti L2, senza dover quindi predisporre *sky-lobby* su più livelli. In questo caso solo il piano terra di riferimento dovrebbe prevedere un'organizzazione a due piani, per ottimizzare il servizio.

Nello schema S5, infine, si propone l'unione di tutte le soluzioni individuate, sottolineando che l'applicazione del MULTI permetterà di servire sia *sky-lobby* e *lobby* a doppia altezza, sia *lobby* consecutive

**Figura 25:** In questa configurazione si propone di ottimizzare ulteriormente l'utilizzo dello spazio separando i flussi destinati a zone diverse dell'edificio già al piano terra e organizzando i piani di scambio di conseguenza.

Fonte: thyssenkrupp, 2014



distribuite lungo l'intera estensione dell'edificio. Questo permetterà di ridurre in modo considerevole l'utilizzo dello spazio destinato ai dispositivi di risalita, senza però perdere in efficienza visto che il numero di cabine – per quanto più piccole e più lente – che viaggeranno lungo i loop sarà proporzionato alle esigenze di progetto.

Il MULTI è ancora in fase di sviluppo e non è ancora stato lanciato sul mercato. Quando accadrà gli effetti sugli edifici potrebbero essere molteplici, permettendo la creazione non solo di nuovi sistemi di circolazione interna all'edificio ma anche nuove configurazioni formali. Gli studi condotti sino a questo momento da thyssenkrupp "si limitano" a cercare di applicare il MULTI ai modelli di circolazione e di gestione del traffico convenzionali, a supporto degli ascensori express e così via, al fine di ridurre l'ingombro in pianta degli elementi di trasporto verticale. tuttavia, viene da chiedersi se non si possa pensare anche ad altre soluzioni applicative. Seguendo le ricerche di thyssenkrupp, per esempio, la componente di spostamento orizzontale si limita solo al permettere alle cabine di passare da un vano di corsa all'altro, per invertire il senso di moto. Se invece si riprendesse in mano l'idea di Odyssey di Otis o altri produttori presentati in questo capitolo, dove le cabine potevano percorrere autonomamente anche lunghi tratti orizzontali per servire l'edificio in tutta la sua estensione o, addirittura, per collegare più edifici o più punti della città, magari mettendo in connessione diretta gli edifici con la rete di trasporto urbana o creando collegamenti a terra o in quota tra più torri. Il tentativo di dare risposte a queste domande ha avviato la successiva fase della ricerca, quella di indagine applicativa, mirata appunto a cercare di capire quali potrebbero essere gli effetti di impianti *multi-car*, *rope-less* e semoventi nella ridefinizione del tipo edilizio dell'edificio alto.







## 5. Individuazione di edifici di riferimento per lo sviluppo delle proposte progettuali

Uno degli obiettivi iniziali di questa ricerca di dottorato è quello di condurre, in collaborazione con thyssenkrupp, alcune simulazioni di analisi di traffico e procedere poi allo sviluppo di linee di indirizzo per la progettazione di edifici alti che prevedessero l'utilizzo di ascensori *rope-less* e *multi-car*. Tuttavia, essendo il dispositivo MULTI ancora in fase di definizione le informazioni necessarie per impostare e condurre delle simulazioni non erano disponibili.

Per questo motivo è stato individuato un approccio differente. Si è deciso, di organizzare degli esercizi progettuali per cercare di identificare quali sarebbero stati i limiti, le potenzialità e le criticità derivanti dall'applicazione di un sistema *rope-less* e multidirezionale nel progetto di un edificio alto. Questa fase della ricerca, che potrebbe forse essere definita applicativa, è stata organizzata in due fasi distinte. La prima consiste in una indagine conoscitiva del settore degli edifici alti oggi, concepita e strutturata per capire quali siano le tipologie di edificio alto, e le relative caratteristiche, più diffuse e che potrebbero essere prese come riferimento per lo sviluppo di “progetti campione” cui applicare i sistemi *rope-less* e multidirezionali.

Questo capitolo presenta la fase di indagine conoscitiva che è stata condotta utilizzando il database dello Skyscraper Center del CTBUH. Lo scopo primo è quello di individuare le più papabili finestre di mercato e le tipologie di edificio alto più diffuse, in termini di altezza, dimensioni, destinazione d'uso e circolazione interna

Una seconda breve indagine si è focalizzata invece sulle forme che gli edifici alti più recenti stanno assumendo, prendendo come riferimento l'America del Nord, dove il tipo edilizio dell'edificio alto ha un background storico consistente, e Singapore, una realtà recente con delle stringenti direttive di sviluppo.

I risultati ottenuti, confrontate con le ipotesi applicative avanzate da thyssenkrupp e altre aziende che hanno sviluppato sistemi *rope-less* non convenzionali, hanno permesso di individuare edifici alti di riferimento per i quali è stata valutata l'applicazione degli impianti *rope-less* e *multi-car*. Oltre agli edifici sono state determinate alcune caratteristiche peculiari che sono state tenute in considerazione per lo sviluppo di programmi funzionali per condurre le esercitazioni progettuali successive.

## 5.1 Indagine conoscitiva: presentazione, strumenti e metodo

L'obiettivo dell'indagine conoscitiva è stato quello di studiare il settore delle costruzioni degli edifici alti più da vicino, per capire quali siano gli attuali trend in termini di: dimensioni, funzioni, tipologie e forme. I dati raccolti hanno definito le caratteristiche della finestra di mercato da tenere in considerazione per una eventuale futura applicazione dei sistemi di trasporto rope-less.

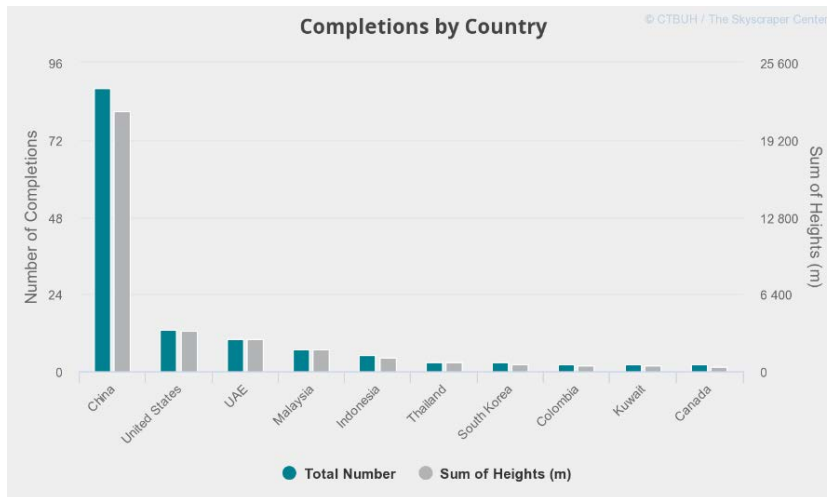
La raccolta dati è stata la prima fase dell'indagine conoscitiva ed è stata condotta attraverso l'utilizzo del database *The Skyscraper Center*, creato dal *Council on Tall Buildings and Urban Habitat*. Si tratta di una banca dati open source, costantemente aggiornata, che raccoglie e mette a disposizione molte informazioni riguardo gli edifici alti. Per ogni edificio inserito nel database è possibile conoscere principali informazioni e dati tecnici (nome, indirizzo, altezza, numero di piani, ecc. ...), le imprese che hanno preso parte alla progettazione e realizzazione dell'edificio e, in alcuni casi, i fatti di cronaca legati all'edificio in esame. È una risorsa di riferimento per progettisti, developer e moltissime altre figure coinvolte nel settore delle costruzioni.

Oltre alle schede informative per ogni singolo edificio, lo Skyscraper Center permette di effettuare ricerche personalizzate all'interno del proprio database. Indicando le variabili di ricerca di proprio interesse per confrontare i set di dati, che vengono generati automaticamente dal sito, creando elenchi, grafici e mappe, a seconda della visualizzazione che si desidera. Nel caso dell'indagine in questione sono state create delle liste di edifici, come viene spiegato di seguito, che sono poi state utilizzate per la definizione dei modelli di edifici di riferimento da analizzare nella fase successiva dell'indagine, quella applicativa progettuale.

Di seguito vengono spiegate nel dettaglio le scelte effettuate per la definizione della base dati iniziale su cui è stata impostata la ricerca nel database online. La selezione delle informazioni dello Skyscraper Center è stata filtrata secondo le seguenti categorie:

### 1. Identificazione dell'altezza minima di riferimento

L'altezza minima degli edifici da prendere in considerazione è stata fissata a 200 metri, la scelta è dipesa da vari fattori. In primo luogo l'idea di thyssenkrupp secondo cui i sistemi rope-less e multidirezionali sarebbero efficienti solo se applicati in edifici oltre i 400 metri di altezza. La motivazione principale è che, secondo gli studi condotti da thyssenkrupp, il sistema Multi dovrebbe andare ad integrarsi a strategie di circolazione convenzionali, assumendo il ruolo di sistema express. Tuttavia, sebbene tale informazione sia stata tenuta in considerazione anche nelle fasi successive della ricerca, fissare l'altezza minima pari a 400 avrebbe escluso una considerevole quantità di risultati. In secondo luogo si è tenuto conto che il numero di edifici al di sotto dei 200 metri di altezza, come precisa lo Skyscraper Center, è talmente elevato da risultare difficile da monitorare e, di conseguenza, poco attendibile.



**Figura 1:** Il grafico presenta gli edifici alti oltre i 200 metri di altezza organizzati per nazione. Fonte: CTBUH

## 2. Selezione delle aree geografiche di interesse/riferimento

Il secondo parametro di selezione ha riguardato la localizzazione geografica degli edifici da ricercare. Tale informazione è stata utile soprattutto per capire dove potrebbero aprirsi future possibilità di mercato, capendo quali sono le aree del mondo più interessate alla realizzazione di edifici alti.

La selezione delle macroaree di riferimento si è basata sui dati raccolti dal CTBUH per il report di fine anno 2018, riportate in **Figura 1**.

Sulla base di quanto detto e osservato nelle figure riportate le aree di interesse che sono state prese a riferimento per l'indagine conoscitiva sono le seguenti: America del Nord; Cina e Medio Oriente. Tuttavia, si tenga in considerazione che per le fasi successive di sviluppo dei casi applicativi la localizzazione geografica degli edifici non ha influito in alcun modo nelle scelte di progetto.

## 3. Selezione delle destinazioni d'uso degli edifici

Il terzo parametro di selezione organizza i dati raccolti a seconda della destinazione d'uso dell'edificio in esame: residenziale, uffici, hotel e *mixed-use*.

Per *mixed-use* si intendono edifici che ospitano al loro interno due o più funzioni differenti, una soluzione che si sta riproponendo sempre più spesso. Edifici alti di questo tipo sono molto interessanti dal punto di vista della gestione della circolazione interna. Elemento chiave per il funzionamento della distribuzione verticale diventa l'assoluta separazione dei flussi che deve avvenire, in modo chiaro ed efficiente, già al livello del piano di ingresso, per evitare spiacevoli incomprensioni agli utenti. Le strategie di *dispatching* dei diversi settori possono essere poi progettate in modo del tutto differente, a seconda della funzione che sono destinati a servire.

Identificare la funzione di un edificio e capire quali sono le tendenze attuali sono informazioni molto importanti ai fini dello studio di indagine. Infatti, come si è visto nei capitoli precedenti la funzione di un edificio influisce profondamente sul progetto di

circolazione interna dell'edificio. Ogni funzione, infatti, ha esigenze, peculiarità, tempi e strategie di *dispatching* differenti che devono essere tenuti in considerazione al momento della progettazione per realizzare una circolazione efficiente e, di conseguenza, un edificio funzionale.

#### **4. Selezione della condizione di progetto degli edifici di riferimento**

Il quarto parametro organizza i dati raccolti a seconda della condizione del progetto in esame, inteso in termini di stato di avanzamento del progetto. Questa serie di dati è stata fondamentale per avere una visione quanto più realistica possibile anche delle tendenze che caratterizzeranno il settore delle costruzioni dei grattacieli in futuro.

A tale scopo sono stati raccolti i dati per edifici completati, in fase di completamento e che sono stati proposti. Sebbene il data base dello Skyscraper Center includa anche gli edifici che vengono classificati quali "visioni future" quest'ultimi non sono stati presi in considerazione per l'indagine conoscitiva. La ragione è che, molto spesso, si tratta di edifici visionari, concepiti per contesti futuri ideali e immaginati dai progettisti e, per questi motivi, poco utili ai fini dello studio in esame.

Di maggiore interesse invece gli edifici completati e in fase di completamento che forniscono un'immagine precisa e attuale di quello che è il mercato degli edifici alti oggi. I grattacieli proposti, invece, rappresentano le tendenze attuali per il futuro del settore degli edifici alti. In quest'ultimo caso si tratta di progetti che sono stati approvati e che dovrebbero essere realizzati da qui a pochi anni.

#### **5. Identificazione del periodo di tempo preso in considerazione**

Il CTBUH raccoglie dati a partire dal 1885. Tornare così tanto indietro nel tempo non avrebbe avuto alcun senso per l'indagine conoscitiva in questione. L'anno di riferimento è stato individuato sulla base dell'andamento del mercato immobiliare e, per questo motivo, il 2007 è stato definito come anno 0 della ricerca.

Il 2007 è stato un anno cruciale per il settore immobiliare, durante il quale sono state registrate le prime avvisaglie di quello che sarebbe successo l'anno successivo, cioè il fallimento di una delle più potenti società finanziarie, la Lehman&Brothers Holdings Inc<sup>1</sup>. Nel settembre del 2008, infatti, la società ha dichiarato bancarotta con debiti oltre i 600 miliardi di dollari. Il fallimento della società Lehman Brothers è stato "il più grande nella storia delle bancarotte mondiali" (Corriere della Sera 2008). Il tracollo finanziario ha colpito duramente moltissimi settori, tra cui quello immobiliare (De Luca 2012). Secondo i dati raccolti dal CTBUH, gli anni successivi al 2007-2008 hanno registrato una crescita esponenziale nel settore delle costruzioni di edifici alti, raggiungendo numeri inaspettati. Queste sono le motivazioni principali

<sup>1</sup> Lehman&Brothers Holdings Inc, fondata nel 1850, era una società di servizi finanziari e, prima di dichiarare fallimento nel 2008, era la quarta più grande banca di investimento negli Stati Uniti dopo a Goldman Sachs, Morgan Stanley, e Merrill Lynch.

che hanno portato ad individuare il 2007 come data di partenza per la raccolta dati, considerandolo come momento conclusivo di una sequela di investimenti finanziari speculativi e, allo stesso tempo, inizio di un periodo successivo caratterizzato da investimenti più oculati e attenti, soprattutto nel settore del mercato immobiliare.

### 5.1.1 Presentazione e commenti ai dati raccolti

La ricerca avviata utilizzando il database dello Skyscraper Center ha conteggiato oltre 1200 edifici, sulla base dei parametri di ricerca stabiliti e descritti in precedenza.

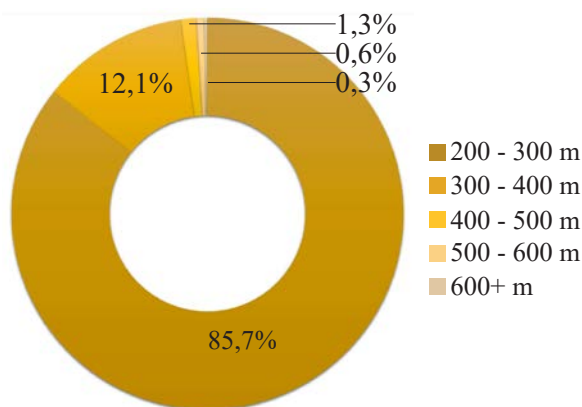
Le informazioni riguardanti i vari edifici individuati sono state raccolte, organizzate e analizzate in un foglio di calcolo Excel. Ai fini della ricerca si è pensato di riportare solo i dati riassuntivi raccolti e organizzati in **Tabella 1**.

Come si può vedere i dati raccolti sono stati organizzati sulla base dei parametri di ricerca iniziali descritti nel paragrafo precedente, al fine di dare una visione il più completa possibile. La tabella è quindi organiz-

*Tabella 1: I dati riportati in tabella riassumono i risultati condotti attraverso il database dello Skyscraper Center. Come è possibile vedere le informazioni sono state organizzate in base ai parametri di ricerca iniziale per rendere la lettura chiara ed efficace.*

Altezza [m]	funzione	Completati			In fase di completamento		
		Nord America	Cina	Medio Oriente	Nord America	Cina	Medio Oriente
200 – 300	Ufficio	16	226	35	7	106	6
	Hotel	1	26	10	0	8	9
	Res.	22	41	35	30	55	16
	Misto	19	123	22	11	54	12
300 – 400	Ufficio	4	21	2	3	22	2
	Hotel	0	1	4	0	0	0
	Res.	0	1	9	1	30	6
	Misto	2	21	7	5	30	6
400 – 500	Ufficio	0	0	0	1	1	0
	Hotel	0	0	0	0	0	0
	Res.	1	0	1	1	9	1
	Misto	1	6	1	1	9	0
500 – 600	Ufficio	1	1	0	0	2	0
	Hotel	0	0	0	0	0	0
	Res.	0	0	0	0	3	0
	Misto	0	1	0	0	3	1
600+	Ufficio	0	0	0	0	1	0
	Hotel	0	0	0	0	0	0
	Res.	0	0	0	0	0	0
	Misto	0	1	2	0	0	1

**Figura 2:** Il grafico riporta i dati relativi agli edifici alti realizzati nel mondo dal 2007 in poi, organizzando i dati in base a intervalli successivi di altezze. La fetta maggiore è rappresentata dalle torri che vanno dai 200 ai 300 metri di altezza che, nello specifico, rappresenta l'85,7% del totale, il che corrisponde a 795 edifici. A seguire gli edifici nella fascia successiva, dai 300 ai 400 metri, che costituiscono il 12,1% per un totale di 112 edifici totali. Gli intervalli di altezza successiva costituiscono percentuali che si aggirano attorno all'1%, fatto rappresentativo dell'eccezionalità degli edifici oltre i 500 metri di altezza



zata in tre macro colonne, che individuano la condizione dell'edificio al momento dell'analisi: completato, in fase di costruzione o semplicemente proposto. Ogni macro colonna è poi ulteriormente divisa nelle tre aree geografiche che sono state prese in considerazione per conoscere l'andamento dei vari mercati. Inoltre, per avere comunque un metro di confronto, è stato inserito anche il numero totale di edifici alti nel mondo, come si può vedere nella prima colonna di ogni macro sezione.

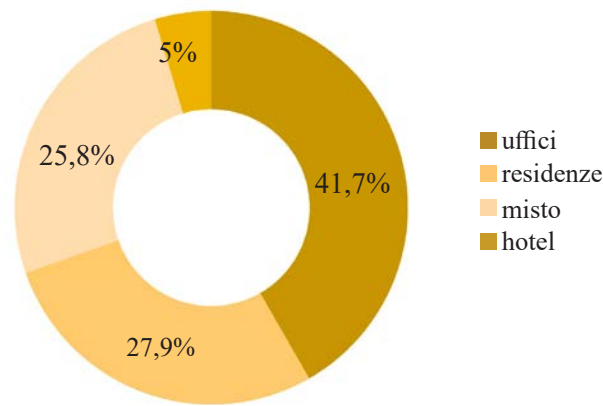
In orizzontale, invece, le informazioni sono prima gerarchizzate per altezza degli edifici, partendo da 200 metri fino a superare i 600 metri di altezza. Ogni sezione è poi ulteriormente organizzata in base alla destinazione d'uso degli edifici analizzati, distinguendo quindi in edifici residenziali, per uffici, hotel e edifici ad uso misto.

Le prime osservazioni da fare riguardano le altezze e le destinazioni d'uso degli edifici.

Per quanto riguarda l'altezza, sia che si guardino i valori totali che quelli delle singole aree geografiche, è evidente che la maggior parte delle torri presenta un'altezza che va dai 200 ai 300 metri di altezza. L'intervallo successivo, quello tra i 300 e i 400 metri di altezza, è già molto meno consistente del precedente.

Per dare un'idea immediata delle percentuali si propone il grafico a torta in **Figura 2** dove si vede che l'85,7% degli edifici analizzati appartiene al primo intervallo di altezza di riferimento che va dai 200 ai 300 metri di altezza, il 12,1% all'intervallo successivo dai 300 ai 400 metri. Appena l'1,3% raggiunge i 500 metri, lo 0,6% raggiunge i 600 metri e solo lo 0,3% li supera. Anche i dati relativi alle singole aree analizzate, Nord America, Cina e Medio Oriente, come si può vedere dalla tabella rispecchiano questi andamenti. Stessa considerazione vale anche per gli edifici in fase di realizzazione e quelli proposti, i numeri individuati, infatti, indicano in modo esplicito che il mercato degli edifici alti si concentra soprattutto nei primi due intervalli di altezze, prediligendo altezze che vanno dai 200 ai 400 metri di altezza. I *super-* e *mega-tall buildings* sono quindi delle eccezioni, edifici che attirano sicuramente molta più attenzione rispetto a tanti altri viste le dimensioni da record e i grandi investimenti, sia in termini finanziari che tecnologici, che necessitano.

Tuttavia, ai fini dell'indagine conoscitiva, risulta evidente che il mercato di settore si è stabilizzato su altezze, per così dire, più contenu-



**Figura 3:** Il grafico a torta organizza i dati generati dal database utilizzato a seconda della funzione d'uso degli edifici. Come è evidente, la porzione di grafico maggiore rappresenta gli edifici per uffici. Seguono quasi alla pari gli edifici che ospitano appartamenti per residenze e torri ad uso misto. Nettamente inferiore il numero di edifici che ospitano esclusivamente hotel

te. Si potrebbe infatti affermare che il mercato di settore si basa soprattutto sulla realizzazione di edifici al di sotto dei 400 metri di altezza. La constatazione di questa prima considerazione si è rivelata essere molto importante per il settore di ricerca e sviluppo di thyssenkrupp. Il *team*, infatti, come anticipato in precedenza, puntava ad applicazioni solo ad edifici oltre i 400 metri di altezza. Tuttavia, visti i numeri, l'ipotesi di valutare eventuali applicazioni anche in edifici al di sotto di tale quota è stata presa in considerazione, cercando quindi di capire se questo fosse tecnicamente possibile e quali avrebbero potuto essere i vantaggi che un sistema rope-less e multidirezionale avrebbe potuto portare ad edifici di più "modeste" dimensioni.

Per quanto gli esiti di questa prima fase di analisi dei dati non siano una sorpresa, la lettura in dettaglio dei numeri e delle percentuali riportate fornisce una visione ancora più chiara, sicuramente utile per le fasi successive dell'indagine e per la definizione delle caratteristiche degli edifici da analizzare di seguito.

Una seconda osservazione condotta, invece, ha riguardato le destinazioni d'uso degli edifici raccolti dal database. La **Figura 3** rappresenta, come in precedenza, le percentuali rispetto alla totalità degli edifici completati per poter dare una visione complessiva dell'andamento del mercato. Stando ai dati raccolti si vede come la fetta più grande degli edifici, pari al 41,7%, è rappresentato da edifici per uffici. Il secondo e il terzo posto sono rappresentati rispettivamente da torri residenziali (27,9%) e edifici ad uso misto (25,8%). Edifici che ospitano esclusivamente hotel, invece, si impostano su percentuali nettamente inferiori pari a meno del 5%.

È importante, in questo caso, osservare anche i dati relativi alle singole nazioni analizzate. Infatti, mentre i numeri che descrivono i mercati americani e mediorientali sono in linea con quanto detto per gli andamenti globali, per il caso cinese le cose sono leggermente differenti. Gli edifici per uffici, infatti, si mantengono al primo posto distaccandosi notevolmente, in termini numerici, rispetto alle altre categorie di torri. Il secondo e il terzo posto, invece, risultano essere invertiti rispetto al trend globale. In Cina vengono infatti realizzate (si stanno costruendo e si costruiranno) molte più torri ad uso misto rispetto a quelle esclusivamente residenziali. Un'informazione che, messa in relazione con i report di fine anno redatti dal CTBUH, indica come le torri ad uso mi-

## 5. Individuazione di edifici di riferimento per lo sviluppo delle proposte progettuali

#	Nome edificio	Città	Altezza [m]	n. piani	Anno di completamento	Funzione
1	Shangri-La Vancouver	Vancouver (CA)	200,9	59	2009	residenza
2	Ice Condominiums at York Center 1	Toronto (CA)	202,3	57	2014	residenza
3	Great American Tower at Queen City Square	Cincinnati	202,7	40	2011	ufficio
4	Sovereign	Atlanta	202,7	48	2008	residenza
5	Ritz-Carlton/Marriott Marquis Los Angeles	Los Angeles	203,3	54	2010	residenza
6	Four Seasons Private Residences West Tower	Toronto (CA)	204	55	2012	residenza
7	340 on the Park	Chicago	204,9	64	2007	residenza
8	L Tower	Toronto (CA)	205	59	2015	residenza
9	Barclay Tower	New York City	205,1	56	2007	residenza
10	Sky	New York City	206	61	2015	residenza
11	Marquis	Miami	207	63	2009	residenza
12	The Austonian	Austin	208,1	56	2010	residenza
13	Millennium Tower	Boston	208,8	55	2016	residenza
14	Waldorf Astoria Chicago	Chicago	209	60	2009	residenza
15	Ritz-Carlton Hotel and Residences	Toronto (CA)	209,5	54	2011	residenza
16	Eighth Avenue Place East Tower	Calgary (CA)	212,3	49	2011	ufficio
17	Shangri-La Hotel Toronto	Toronto (CA)	214	65	2012	residenza
18	Bay-Adelaide Centre	Toronto (CA)	214,7	52	2010	ufficio
19	Revel Resort and Casino	Atlantic City	218,9	53	2012	residenza
20	One Museum Park	Chicago	221,3	62	2009	residenza
21	Blue Cross-Blue Shield Tower	Chicago	226,7	54	2010	ufficio
22	RSA Battle House Tower	Mobile	227,1	35	2007	ufficio
23	Goldman Sachs Headquarters	New York City	228,3	44	2010	ufficio
24	Countryyard & Residence Inn Manhattan/ Central Park	New York City	229,6	67	2013	hotel
25	Ice Condominiums at York Center 2	Toronto (CA)	234,1	67	2015	residenza
26	The Bow	Calgary (CA)	237,4	57	2012	ufficio
27	300 North LaSalle	Chicago	239,1	60	2009	ufficio
28	Duke Energy Center	Charlotte	239,7	48	2010	ufficio
29	The Legacy at Millennium Park	Chicago	249,3	73	2010	residenza
30	Devon Energy Center	Oklahoma City	257,2	52	2012	ufficio
31	Aqua	Chicago	261,8	86	2009	residenza
32	Eight Spruce Street	New York City	265,2	76	2011	residenza
33	10 Hudson Yards	New York City	267,7	52	2016	residenza
34	Aura at College Park	Toronto (CA)	271,9	78	2014	residenza
35	Trump International Hotel&Tower Toronto	Toronto (CA)	276,9	63	2012	residenza
36	30 Park Place	New York City	285,6	67	2016	residenza
37	Comcast Center	Philadelphia	296,7	57	2008	ufficio
38	4 World Trade Center	New York City	297,7	65	2014	ufficio
39	One57	New York City	306,1	75	2014	residenza
40	New York Times Tower	New York City	318,8	52	2007	ufficio
41	Bank of America	New York City	365,8	55	2009	ufficio
42	Trump International Hotel & Tower	Chicago	423,2	98	2009	uso misto
43	432 Park Avenue	New York City	425,7	85	2015	residenza
44	One World Trade Center	New York City	541,3	94	2014	ufficio



sto stiano diventando sempre più frequenti nelle città moderne. I vantaggi, soprattutto in termini finanziari, nella realizzazione di torri che contengono al loro interno molteplici funzioni sono evidenti. Le varie funzioni coesistono autonomamente garantendo una maggior sicurezza economica. Le torri ad uso misto possono contenere dalle due alle tre funzioni solitamente che devono essere nettamente distinte le une dalle altre, soprattutto in termini di gestione dei flussi di circolazione interna. Ogni sezione deve avere un sistema di trasporto a sé, distinto dagli altri, e proporzionato e calibrato sulla base delle peculiarità delle funzioni da gestire. La progettazione di sistemi di trasporto verticale all'interno di torri ad uso misto è una procedura molto complessa, perché è come se si progettassero più torri contemporaneamente.

Quanto osservato sino ad ora in termini di destinazione d'uso degli edifici alti è molto importante ai fini della ricerca. In primo luogo conferma che gli edifici alti sono ancora prevalentemente utilizzati per ospitare spazi di lavoro e uffici, come nei primi anni della nascita di questa tipologia edilizia. Si tratta quindi, come si è visto nei capitoli precedenti, di edifici in cui la progettazione e il dimensionamento dei sistemi di circolazione interna è un elemento chiave per il corretto funzionamento generale dell'edificio. Una strategia di *dispatching* rapida ed efficiente, in grado di rispondere correttamente alla domanda nei momenti di picco è un prerequisito fondamentale.

Tuttavia, la crescente domanda di edifici *mixed-use* ha fornito un'altra informazione importante ai fini della ricerca che deve essere tenuta in considerazione per la successiva fase di definizione dei modelli per condurre l'esercizio progettuale.

La fase successiva dell'analisi dei dati raccolti prevedeva lo studio dei sistemi di circolazione interna sviluppati per i singoli edifici. L'idea iniziale era quella di capire quali fossero gli schemi in tutti gli edifici individuati, tuttavia, questo non è stato possibile per due ragioni. In primo luogo il numero di edifici ottenuto dall'analisi del database è risultato essere molto alto e, di conseguenza, difficile da gestire in termini di tempo. La seconda ragione, che è stata poi determinante, è la maggior parte degli edifici individuati in Cina e in Medio Oriente sono stati difficili da individuare. Infatti, le informazioni a riguardo erano spesso insufficienti, di difficile interpretazione o, nella maggior parte dei casi, non accessibili per questioni di sicurezza.

Per questo motivo lo studio dei modelli di circolazione si è concentrata esclusivamente sugli edifici alti realizzati, e completati, in America. Le informazioni a riguardo sono state abbastanza semplici da rintracciare attraverso una ricerca online, il contatto diretto con progettisti e consulenti di trasporto che conoscevano o avevano seguito alcune fasi della progettazione degli edifici in esame. L'attenzione si è quindi focalizzata sui 45 edifici, di cui si riporta un elenco in **Tabella 2**, dove sono state riportate le informazioni principali di ogni singolo edificio.

Individuati questi edifici come campione di riferimento si è quindi cercato di capire quali fossero i vari schemi di circolazione interna, per comprendere meglio quali siano le pratiche più diffuse. La ricerca è partita dagli edifici più alti, quelli oltre i 400 metri di altezza

**Tabella 2:** In tabella l'elenco degli edifici originati dal database che sono stati completati in Nord America dal 2007. Sono stati ordinati per altezza crescente e sono state riportate le informazioni principali di riferimento.



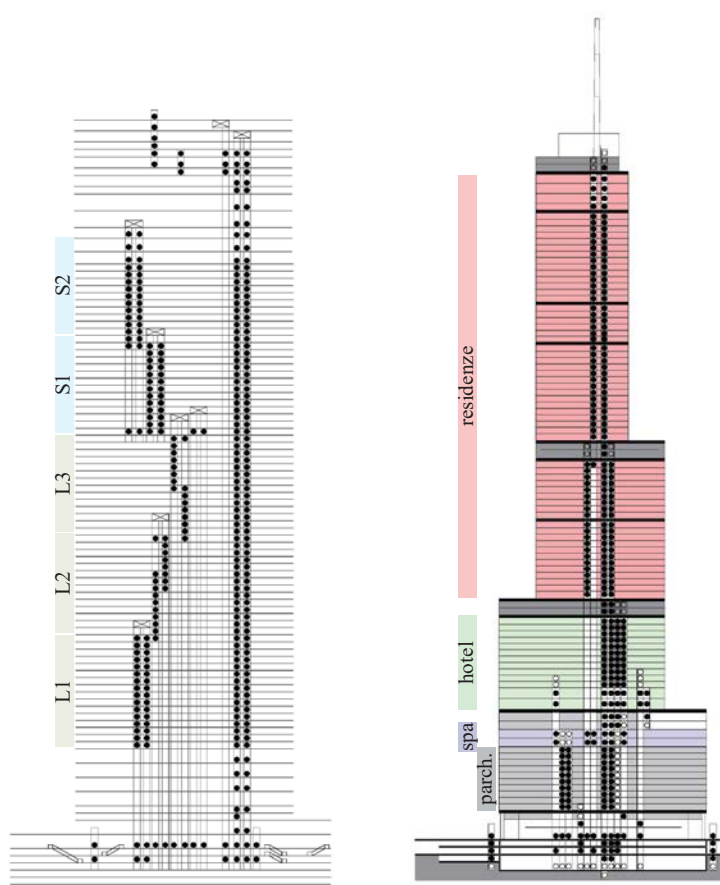
*Figura 4: Partendo da sinistra, il 432 Park Avenue di New York, il One World Trade Center sempre a New York e la Trump International Hotel & Tower di Chicago. Si tratta dei tre edifici che superano i 400 metri in altezza.*

*Fonte: CTBUH*

che, nello specifico, sono: il 432 Park Avenue, il One World Trade Center e la Trump Tower (**Figura 4**).

Procedendo con ordine, il 432 Park Avenue è un recente edificio residenziale riconoscibile per la sua estrema snellezza. Infatti, rispetto ad una altezza di oltre 425 metri, ha una pianta quadrata con appena 28 metri per lato (Willis 2016), generando così un rapporto base per altezza pari a 1:15. Dato l'estrema snellezza sono stati installati sistemi di smorzamento in grado di resistere alle forze orizzontali, impedendo l'eccessiva oscillazione della torre (Lago, Trabucco e Wood 2018). La torre che si affaccia su Central Park contiene poco più di 100 appartamenti e distribuiti su 94 piani di altezza. Ci sono 11 ascensori (Schindler 2017) inclusi quelli che servono la parte basamentale commerciale, quelli che collegano i piani interrati con l'esterno e quelli di servizio. Osservando le piante disponibili del piano terra si vede che il service core per la sola parte residenziale conta 5 ascensori, mentre la Penthouse all'ultimo livello solo 3, evidenziando una riduzione del service core (Rafael Viñoly Architects 2017). Per questo motivo, e vista anche la funzione di questo edificio, si sostiene che il sistema di circolazione sia affidato ad un impianto convenzionale, paragonabile ad una strategia *low- e high-rise*. Peculiarità dell'edificio è che gli ascensori che raggiungono gli ultimi piani della penthouse sono "privatizzati" nel senso che possono permettere il raggiungimento di tali livelli solo se autorizzati (cosa che solitamente avviene tramite una chiave, un badge o un codice personale che garantisce l'autenticazione dei passeggeri).

Il nuovo One World Trade Center raggiunge i 541,3 metri di altezza oltre ad essere l'edificio più alto degli Stati Uniti, viste le ragioni della sua realizzazione, un edificio rappresentativo della rinascita e del futuro. Le vicende legate alla sua realizzazione sono molteplici,



**Figura 5:** I diagrammi di trasporto verticale dell'One World Trade Center, New York e della Trump International Hotel & Tower, Chicago.

Fonti: rielaborazioni da *Elevator World*, 2012, *CTBUH Journal* 2009.

visto il valore simbolico e la complessità del progetto. Si tratta di un edificio per uffici con un osservatorio pubblico collocato a circa 380 metri di altezza. Il sistema di circolazione interno conta 11 scale mobili e 73 ascensori, di cui 64 cabine in grado di raggiungere i 10 m/s. Per 58 di questi 64 ascensori il servizio è a destinazione controllata, per poter meglio gestire il sistema di accesso all'edificio, monitorando così anche il flusso di traffico e assicurando un maggiore grado di sicurezza dell'edificio (Caporale 2012).

La circolazione nel World Trade Center è molto complessa e si avvale di diverse strategie di distribuzione per poter assicurare un servizio efficiente. Sebbene sia considerato un edificio per uffici, e come tale è stato catalogato nell'indagine iniziale, il One World Trade Center, visto il suo valore simbolico, ha anche delle funzioni pubbliche, prima tra tutti l'osservatorio che richiama ogni giorno centinaia di migliaia di turisti. La netta distinzione tra il flusso di passeggeri pubblico, interessato quindi a raggiungere i piani più alti di servizio della torre, e il flusso degli utenti che lavorano all'interno della torre è stato un punto fondamentale nella definizione del progetto di circolazione interna.

Una rappresentazione diagrammatica degli impianti di trasporto verticale progettati sono riportati in **Figura 5**. Nel caso del One World Trade Center, per esempio, come si può vedere la torre è nettamente divisa in due parti. La porzione inferiore della torre, da L1 a L3, è servita da sistemi paragonabili a *low*, *mid* e *high-rise*. Per raggiungere le sezioni superiori, S1 e S2, i passeggeri devono utilizzare gli ascensori shuttle che li conducono alla *sky-lobby* al 64° piano, dove possono poi utilizzare un sistema convenzionale anche questo organizzato in *low* e *high rise*. Gli ascensori di servizio, quelli rappresentati sulla destra, servono tutti i piani dell'edificio. Ci sono poi gli ascensori shuttle che conducono i passeggeri direttamente ai piani pubblici, dal 100° livello a salire,

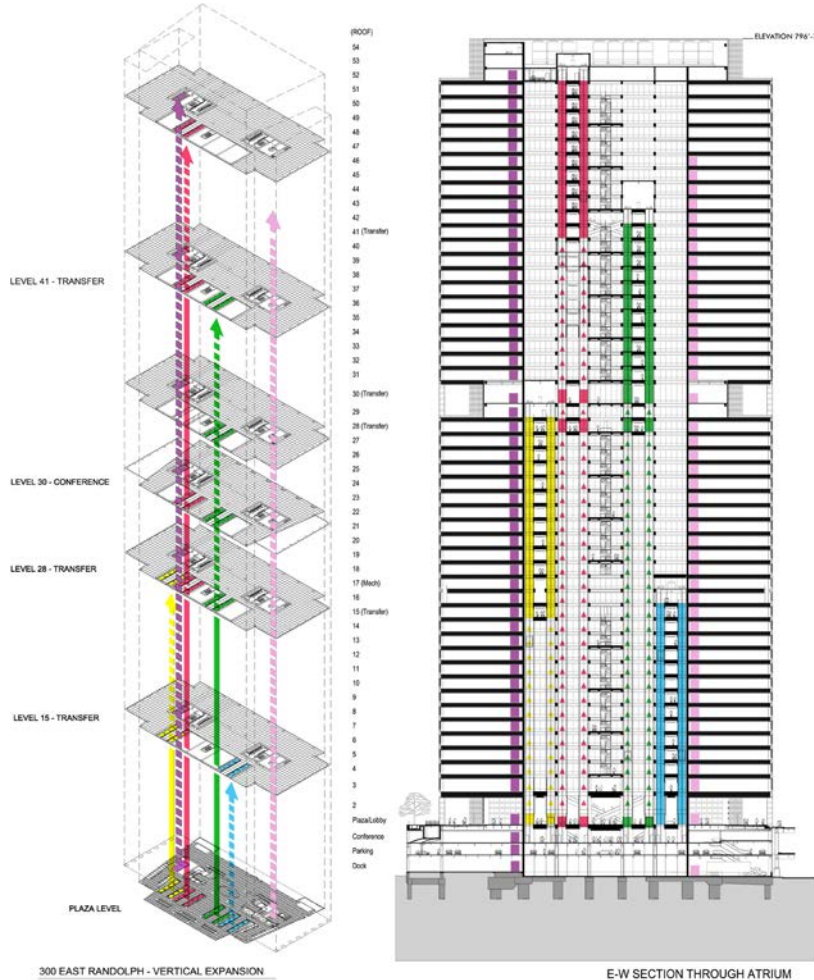
dove i visitatori possono usare ascensori o scale mobili a seconda della destinazione desiderata.

L'ultima torre della lista che supera i 400 metri d'altezza è la Trump International Hotel & Tower situata a Chicago. La torre, alta circa 420 metri, è organizzata in tre sezioni sovrapposte, come si vede sempre in **Figura 5**. La prima ospita alcuni livelli di parcheggio e i piani dell'hotel. La parte successiva, indicativamente a partire dal secondo set-back che caratterizza la configurazione della torre, ci sono i piani delle residenze. La sezione riportata in figura chiarisce sia l'organizzazione delle funzioni lungo la torre sia il sistema di circolazione interno. Come si può vedere è un impianto abbastanza convenzionale dove gli ascensori per la parte residenziale (indicati in rosso) sono nettamente distinti da quelli dell'hotel (indicati in verde). Entrambi i sistemi, tuttavia, permettono di raggiungere i piani parcheggio e il centro benessere collocato al 14° piano. Gli ascensori rappresentati in nero sono quelli di servizio che servono tutti i piani dell'edificio e anche quelli a cui, in alcuni casi, è affidata la gestione del traffico interpiano (Baker, et al. 2009). In questo caso non si può parlare di distinzione tra traffico express e local quanto piuttosto di un adattamento degli schemi *low e high-rise* in cui i due livelli di servizio vengono fisicamente distinti per poter servire funzioni differenti contenute all'interno del medesimo edificio.

I restanti 42 edifici elencati in **Tabella 2** sono torri al di sotto dei 400 metri di altezza per i quali sono state condotte ricerche simili a quelle appena riportate. Pochissimi sono gli edifici che presentano un sistema di circolazione interno basato sulla gerarchizzazione dei flussi e l'inserimento delle *sky-lobby*, stando alle informazioni raccolte meno del 10%. Tale risultato è sicuramente dovuto alle altezze "contenute" degli edifici individuati, come si è visto la maggior parte di essi è al di sotto dei 300 metri di altezza. Altro fattore determinante sono le destinazioni d'uso, per lo più uffici e residenze. La combinazione di questi due fattori riduce la necessità di inserire una circolazione articolata con la presenza di *sky-lobby* e dispositivi express e local. Nel One World Trade Center, citato poco prima, si è resa necessaria per due motivi: l'elevata altezza dell'edificio e la presenza di funzioni pubbliche in sommità.

Facendo riferimento alla lista di edifici si ritiene interessante presentare brevemente altri quattro edifici in cui la scelta di optare per una soluzione a *sky-lobby* è dipesa da vari fattori.

Il grattacielo The Bow di Calgary, per esempio, è un edificio per uffici in cui è stata data particolare attenzione ad aspetti di sostenibilità tramite l'inserimento di *sky-garden* a vari piani dell'edificio. Proprio la precisa volontà di voler inserire nel progetto dei giardini pensili a intervalli lungo l'estensione dell'edificio ha comportato attenti studi per la definizione del *service core*. L'obiettivo era quello di trovare un compromesso in termini di spazio e di efficienza, assicurando un servizio efficace di circolazione interna, fattore fondamentale in un edificio per uffici, senza però voler rinunciare al pensiero di progetto. Dopo diverse e numerose simulazioni, la soluzione ideale per raggiungere tale obiettivo è stata l'utilizzo di *sky-lobby* in corrispondenza dei piani dove sono



**Figura 6:** Rappresentazione diagrammatica del sistema di circolazione interno Blue Cross-Blue Shield Tower di Chicago. L'ultima sezione dell'edificio, quella dal 30° piano in su, è stata aggiunta in un secondo momento, azione che ha portato alla riprogettazione del sistema di distribuzione interna. Fonte: Marshall Gerometta, CTBUH

previsti gli *sky-garden*. Il progetto finale conta otto ascensori *express* che servono le tre zone in cui è stata suddivisa la torre, 24 ascensori local, 3 ascensori di servizio, 2 ascensori per la parte commerciale e 6 per i parcheggi ai piani interrati (Isabelle 2013).

A seguire il Goldman Sachs Headquarters realizzato a New York nel 2012. Una torre per uffici che si presenta come un podio su cui si innesta una torre, raggiungendo così i 228 metri di altezza. Proprio nel punto in cui la base e la torre che costituiscono l'edificio si incontrano, all'11° piano, è stata inserita una *sky-lobby* in corrispondenza della quale tutti gli utenti provenienti dai piani inferiori devono scendere per poter utilizzare i servizi locali e raggiungere quindi i piani più alti della torre. *"It's like the main square of a gated community. A handsome, double-height room with skylights and huge windows looking out toward the Hudson"*<sup>2</sup> (Goldberger 2010). L'inserimento di questa *sky-lobby* è stato un atto voluto per convogliare gli utenti e i visitatori a godere dei servizi e dell'esperienza visiva che questo spazio permette di creare.

Proseguendo, il Blue Cross-Blue Shield Tower era un edificio per uffici di 33 piani che è poi stato sopraelevato di ulteriori 24 piani. L'aggiunta di nuovi livelli ha richiesto un intervento nella gestione della circolazione interna, che si è concretizzato nell'inserimento di una *sky-lobby* al livello più basso e di una all'incirca alla metà della sezione aggiunta. Tale piano viene raggiunto direttamente dagli ascensori *express* che partono dal piano terra e da qui gli utenti possono cambiare servizio e utilizzare i sistemi locali per raggiungere i piani di destinazione. Lo schema del nuovo impianto di circolazione ripensato in seguito alla sopraelevazione dell'edificio è riportato in **Figura 6** dove i

<sup>2</sup> "È come se fosse la piazza principale di una comunità recintata. Una bella camera a doppia altezza con lucernari e grandi finestre che si affacciano verso l'Hudson"



**Figura 7:** Alcuni tra gli edifici alti realizzati negli ultimi anni a Singapore, procedendo da sinistra: *Reflexion at Keppel Bay*, edificio residenziale di 174,5 m completato nel 2011; *SkyVille@Dawson* complesso di torri ad uso residenziale di 132 m completato nel 2015; *Sky Habitat*, complesso residenziale di 130 m realizzato nel 2015.

Fonte delle tre immagini: CTBUH

due piani di transfer sono individuati al 30° e al 41° piano. Si è pensato di citare, per quanto brevemente, questo caso come rappresentativo di possibili occasioni di riprogettazione e riorganizzazione della circolazione interna. Un aspetto da tenere in considerazione e su cui riflettere nella fase successiva di valutazione delle applicazioni possibili dei sistemi rope-less al tipo edilizio dell'edificio alto.

Infine, il *Courtyard & Residence Inn Manhattan/Central Park* che si distingue tra gli altri edifici anche per essere l'unico grattacielo esclusivamente ad uso hotel. In realtà si tratta di due hotel distinti collocati uno sopra l'altro all'interno dello stesso edificio. La peculiarità di tale organizzazione ha richiesto una netta separazione degli accessi, collocati ai lati opposti dell'edificio e, ovviamente, anche degli impianti di circolazione. Per poter raggiungere i piani dell'hotel collocato nella sezione superiore dell'edificio gli ospiti devono utilizzare gli ascensori che dal piano terra li conducono ad una *sky-lobby* di scambio che altro non è che la *lobby* principale dell'hotel stesso (Rowe 2014).

Gli edifici che sono stati menzionati sono stati scelti tra i tanti perché considerati rappresentativi di casi di circolazione interna peculiari in cui il servizio di trasporto è stato concepito per risolvere situazioni particolari. Si tratta, come si vedrà in seguito, di casi che saranno tenuti in forte considerazione per la definizione delle caratteristiche dei programmi funzionali degli edifici da sviluppare nella fase di applicazione progettuale.

## 5.2 Analisi delle configurazioni recenti di edifici alti

Dopo l'analisi conoscitiva presentata e sulla base degli studi condotti nelle prime fasi di ricerca, si è deciso di condurre una breve analisi riguardo le configurazioni che gli edifici alti stanno assumen-

do negli ultimi anni. Questo per capire quali siano le forme di edifici più ricercate e diffuse. Questa può essere intesa come una seconda fase dell'indagine conoscitiva visto che i dati sono stati raccolti sempre tramite lo Skyscraper Center utilizzando però una serie di dati in alcuni casi differente rispetto a quelli utilizzati per l'indagine precedente.

In primo luogo sono state considerate solo due aree geografiche: il Nord America e Singapore. Si è deciso di focalizzare l'attenzione sul caso di Singapore perché il piano urbanistico di sviluppo adottato dalla città si basa su obiettivi ben definiti: raggiungere standard elevati in termini di qualità della vita e degli spazi progettati, con particolare attenzione agli aspetti ambientali di sostenibilità e riduzione dei consumi (Generalova e Generalov 2014). Tali obiettivi si sono concretizzati in numerosi edifici alti riconosciuti tra i CTBUH Best Tall Buildings<sup>3</sup>. Nella sequenza di immagini riportata in **Figura 7** si riportano solo alcuni degli edifici costruiti a Singapore che hanno ricevuto i riconoscimenti del CTBUH.

Rappresentativo delle tendenze di Singapore è sicuramente l'Inerlace (si veda **Figura 9**), grattacielo è stato eletto vincitore della prima edizione del CTBUH Urban Habitat Award nel 2014. Il progetto dell'edificio proposto da Ole Scheeren in collaborazione con OMA<sup>4</sup> si presenta come un complesso condominiale che conta 31 condomini singoli, impilati l'uno sull'altro in modo irregolare creando un grande unico edificio che appare molto intricato. Per quanto possa sembrare esteso, l'edificio si articola attorno a tre nuclei principali che contengono le lobby e gli impianti di circolazione verticale. L'elemento che unisce e mette in comunicazione i vari elementi è una successione di tetti giardino e spazi pubblici che si districano attraverso i volumi, creando spazi di socializzazione e di servizio a disposizione degli abitanti. La conformazione non convenzionale, complessa e permeabile, permette un maggiore dialogo con il contesto in cui si trova, creando opportunità di collegamento visivo e spaziale (Buro Ole Scheeren 2014).

Riconosciuto quindi come valido esempio di good practice nel

<sup>3</sup> Ogni anno il CTBUH organizza i "CTBUH Tall Buildings Awards" durante i quali vengono presentati i progetti vincitori dell'anno in corso nelle varie categorie di competizione sulla base dei giudizi espressi da un panel di esperti coinvolti. I riconoscimenti riguardano non solo gli aspetti tecnici e tecnologici ma anche quelli più intrinseci del progetto di architettura. Infatti, dal 2014, è stato aggiunto anche il CTBUH Urban Habitat Award, concepito per premiare gli edifici alti che meglio si inseriscono nel contesto di riferimento, creando spazi di connessione urbana di qualità.

<sup>4</sup> Studio di progettazione internazionale con sedi operative in tutto il mondo ([www.oma.eu](http://www.oma.eu)). Per il progetto dell'Inerlace c'è stata una collaborazione con Buro Ole Scheeren ([www.buro-os.com](http://www.buro-os.com)).

*Figura 8: Il complesso dell'Inerlace visto nella sua interezza. L'immagine rappresenta chiaramente la complessità dell'edificio.*

Fonte: OMA



**Figura 9:** 300 North LaSalle di Chicago, un edificio per uffici di circa 240 metri di altezza in cui sono installati 32 ascensori.  
Fonte: Marshall Gerometta, CTBUH



settore delle costruzioni degli edifici alti si è deciso di includere Singapore per la seconda fase di analisi insieme al Nord America. Interessante anche il confronto tra queste due aree geografiche in quanto Singapore è una nazione che si sta avventurando solo di recente nel settore degli edifici alti, mentre il Nord America, dove la diffusione del tipo edilizio dell'edificio alto ha preso il via, ha un *background* molto più forte e consolidato. Due esempi volutamente diversi per cercare di avere un quadro quanto più possibile completo riguardo le configurazioni degli edifici alti oggi.

<sup>5</sup> L'edificio più alto di Singapore è la Guoco Tower ad uso misto (residenze e uffici) di 287 metri di altezza e completato nel 2016.

La scelta di queste due aree geografiche ha poi influenzato un altro parametro della ricerca: l'altezza minima di riferimento. Infatti, essendo l'edificio più alto realizzato a Singapore al di sotto dei 300 metri in altezza<sup>5</sup>, si è deciso di creare liste di edifici a partire dai 150 metri a salire. Gli altri parametri della ricerca, invece, sono rimasti gli stessi della prima analisi condotta: edifici completati a partire dal 2007, siano essi residenziali, torri per uffici, hotel o ad uso misto.

Le liste di edifici che sono state generate dal database sono state poi analizzate, edificio per edificio. Sulla base di questo sono state individuate e definite tre macro categorie corrispondenti alle principali configurazioni degli edifici:

- **Edifici a torre.** Edifici alti singoli che si configurano con una evidente propensione per lo sviluppo verticale. In questa categoria rientrano anche gli edifici composti da un basamento o podio di dimensioni maggiori ai piani inferiori su cui si innesta una torre;
- **Coppie di torri.** Complessi di edifici costituiti da due torri collegate grazie alla presenza di uno o più *sky-bridge*;
- **Cluster di torri.** Complessi di tre o più torri che costituiscono un unico intervento. In alcuni casi possono essere collegate da *sky-bridge* o da basamenti comuni ai livelli inferiori.

Secondo i dati raccolti, la prima categoria, quella delle torri singole, risulta essere la più diffusa in assoluto in entrambe le aree geografiche. Tuttavia, la varietà di forme alternative che caratterizzano questa





**Figura 10:** L'American Copper Building di New York. Una coppia di torri collegate da un elemento a ponte di tre piani di altezza che ospita al suo interno varie attività al servizio degli abitanti del complesso.  
Fonte: CTBUH

categoria, proprio perché così “popolata”, è molteplice. Si va infatti da edifici di dimensioni e proporzioni convenzionali, come il 300 North LaSalle di Chicago in **Figura 9** e super-tall buildings come il nuovo World Trade Center.

Restando sempre a New York c'è un'altra “specie”, come la definisce Wainwright nel suo articolo su *The Guardian*, che appartiene a questa prima categoria di torri e che è costituita dagli edifici residenziali “*super skinny*” (Wainwright 2019). Torri alte e snelle dove il rapporto base per altezza è nettamente a favore dello sviluppo verticale. Capofila di questa nuova specie il già citato 432 Park Avenue, che ha un rapporto base per altezza pari a 1:15, attualmente l'edificio residenziale più alto al mondo. Non troppo lontano, sempre lungo i margini di Central Park, è stata avviata la realizzazione di un altro grattacielo “*super skinny*”, la Central Park Tower, che dovrebbe rispettare un rapporto pari a 1:23 e superare il 432 Park Avenue raggiungendo i 472 metri di altezza (Willis 2016). Tuttavia, al momento, la costruzione di questa torre è stata temporaneamente interrotta.

Per la seconda categoria individuata, quella delle coppie di edifici connessi da uno o più *sky-bridge*, un edificio che potrebbe essere preso come riferimento è l'American Copper Building<sup>6</sup> che si vede in **Figura 10**. Una coppia di torri residenziali, con appartamenti di varie dimensioni, connesse tra di loro da uno sky-bridge di tre piani di altezza che ospita una serie di funzioni a disposizione degli abitanti delle torri (Koster 2018). Lo spazio di connessione, infatti, prevede all'interno un bar – area ristorante, una palestra con parete di arrampicata e una piscina, area benessere, oltre ad un terrazzo panoramico che si affaccia da un lato verso il cuore di Manhattan e, dall'altro, verso l'East River.

Infine, per dare un'idea delle anche della configurazione della terza categoria di edifici individuata, i cluster di edifici alti, si fa riferimento ad edifici come il Pinnacle@Duxton (2009). Il *cluster* conta 7 torri di poco superiori ai 150 metri di altezza che ospitano oltre 1800 appartamenti. Le torri sono connesse tra di loro al 26° 5 50° piano da quelli che vengono definiti “*sky-gardens*” che collegano tutti gli edifici

<sup>6</sup> L'American Copper Building di New York è risultato vincitore per la categoria CTBUH Best Tall Buildings Americas dei CTBUH Awards del 2018.



**Figura 11:** Pinnacle@Duxton.  
Fonte: CTBUH

<sup>7</sup> “modelli ibridi verticali”

<sup>8</sup> “la necessità di un approccio sensibile che scomponga la verticalità attraverso masse più piccole intervallate da una certa porosità, nonché di collegamenti orizzontali e verticali tra edifici e di integrazione con le infrastrutture di trasporto. Ciò dovrebbe essere accompagnato da un sistema di spazi di socializzazione e verdi (sky-bridge, sky-deck, sky-garden, ecc.) che possano potenzialmente ospitare una gamma diversificata di funzioni a favore della condivisione dello spazio e del tempo, per ridurre le ridondanze nei nostri ambienti urbani. Questi spazi, una volta integrati con le reti di trasporto, attiveranno i tratti più alto dello sviluppo e miglioreranno le transizioni tra le componenti verticali e orizzontali di una città. La fluidità risultante migliorerebbe l'efficienza spaziale, l'attenzione per l'ambiente e la vitalità degli ambienti urbani”.

(Samant e Hsl-En, A Tale of Two Singapore Sky Gardens 2017). Lungo questi ponti verdi, che coprono una superficie quasi pari ad un ettaro, sono stati creati ambienti diversi tutti accomunati dalla presenza del verde. Gli spazi che si creano vengono progettati per ospitare servizi per la comunità come, per esempio, un'area fitness, un parco giochi per bambini, una zona di incontro per le persone più anziane e così via. Inoltre, i collegamenti orizzontali tra le torri contribuiscono come vie di fuga in caso di evacuazione, aumentando le possibili vie di uscita e diventando spazi sicuri in cui attendere l'arrivo dei soccorsi (Reinke 2016).

Il Pinnacle@Duxton, come tutti gli altri edifici appartenenti a questa categoria, fanno parte degli edifici che Swinal, professoressa alla National University of Singapore, definisce “vertical hybrid models”<sup>7</sup> e che considera come valide soluzioni per le città del futuro suggerendo “the need for a sensitive approach that breaks down verticality through smaller masses interspersed with a certain porosity, as well as horizontal and vertical linkages between buildings, and integration with transit infrastructure. This should be accompanied by a system of varied social and green spaces (skybridges, sky-decks, sky gardens, etc.) that can potentially encompass a diverse range of functions and support space-sharing and time-sharing, so as to reduce redundancies in our urban environments. These spaces, when integrated with transit net-works, will activate the upper reaches of the development and improve transitions between the vertical and horizontal components of a city. The resultant fluidity would improve spatial efficiencies, natural surveillance and vibrancy of urban environments”<sup>8</sup> (Samant e Menon 2018).

### 5.3 Identificazione delle ipotesi di applicazione dei sistemi rope-less

L'analisi conoscitiva condotta ha fornito un'immagine chiara delle caratteristiche del mercato del settore degli edifici alti contempo-

raeano. Un mercato in cui, in un prossimo futuro, dispositivi di trasporto rope-less e multidirezionali potrebbero inserirsi.

Thyssenkrupp presentando il sistema Multi ha dato delle indicazioni precise riguardo le future applicazioni:

- La configurazione base è quella a *loop* dove uno o più vani saranno dedicati alla direzione in salita e altri esclusivamente a quella in discesa. La capacità di spostarsi lungo tracciati orizzontali permetterà alle cabine di passare da una direzione di moto a quella inversa;
- Più cabine potranno viaggiare lungo gli stessi tracciati, riducendo così lo spazio dedicato agli impianti di circolazione a favore degli spazi serviti;
- Il sistema Multi risulterà particolarmente efficiente e vantaggioso in termini di servizio e di gestione degli spazi in edifici oltre i 400 metri di altezza. In tali applicazioni effettuerà servizio *express*, mettendo in diretta comunicazione il piano terra con i piani di scambio collocati lungo l'edificio. Il servizio piano per piano, invece, sarà gestito da ascensori convenzionali o sistemi Twin e *double-deck*, a seconda dell'edificio in questione.

Partendo da questi presupposti, sulla base dei risultati delle analisi condotte, le possibilità di applicazione del sistema MULTI o di altri dispositivi *rope-less* simili analizzati nelle fasi iniziali della ricerca, sarebbero molto limitate. Le torri oltre i 400 metri, come si è visto, sono relativamente poche. Altra osservazione è che la distinzione tra ascensori *express* e *local*, e quindi l'inserimento di *sky-lobby*, è relativamente poco utilizzata se non nel caso di torri *mixed-use*, dove le funzioni e i sistemi di trasporto devono essere separati, o esigenze specifiche, per esempio la presenza di spazi pubblici come un osservatorio.

Limitare a priori l'applicazione dei sistemi rope-less a queste categorie di edifici potrebbe risultare essere poco vantaggioso. L'indagine conoscitiva, inoltre, ha permesso di individuare altre due possibili finestre di mercato:

- Le torri relativamente più basse, quelle che vanno dai 200 ai 300 metri di altezza;
- Le torri connesse e i *cluster* di edifici che stanno cominciando ad essere realizzati sempre più di frequente e che riscuotono un certo grado di apprezzamento sotto vari punti di vista.

La fase di esercizio progettuale successiva si pone l'obiettivo duplice di valutare le applicazioni dei dispositivi *rope-less* sia nelle tipologie di edifici indicati da thyssenkrupp sia in quelle individuate dalle analisi appena condotte. L'obiettivo finale è quello di anticipare l'individuazione di eventuali punti critici o di forza della nuova tecnologia di trasporto magari non ancora presi in considerazione, per poter contribuire alla fase di produzione e progettazione del dispositivo finale e delle sue future applicazioni. Sulla base di tale obiettivo la fase di esercizio progettuale è stata pianificata e organizzata dall'autore secondo tre approcci differenti, con obiettivi e modalità diversi. Se in futuro l'ascensore sarà in grado di spostarsi non solo in verticale, nel capitolo successivo vengono presentati alcuni scenari applicativi.



## 6. Presentazione delle esercitazioni progettuali condotte

Questo capitolo raccoglie e presenta le esercitazioni progettuali che sono state condotte. I programmi funzionali e gli edifici di riferimento individuati nella precedente analisi conoscitiva sono stati utilizzati per sviluppare progetti di edifici alto che includessero l'applicazione di sistemi di trasporto *rope-less e multi-car*. Questa fase di esercizio progettuale è stata organizzata secondo tre modalità differenti. Per prima cosa sono stati contattati e coinvolti dei consulenti di traffico verticale. Grazie alla loro collaborazione sono state avanzate alcune ipotesi di applicazione e tratte alcune considerazioni riguardo i limiti e le possibilità che un sistema *rope-less* e multidirezionale potrebbe determinare in un edificio alto. Successivamente, è stato organizzato un Laboratorio di Tesi di Laurea sul tema che ha coinvolto studenti dell'ultimo anno del corso di Laurea Magistrale dell'Università Iuav di Venezia. Con loro sono stati sviluppati diversi progetti di edifici alti con la volontà di analizzare le possibilità offerte da un impianto *rope-less* e multidirezionale. Per evitare che l'approccio al tema di uno studente potesse essere troppo *naive*, gli studenti sono stati seguiti da professori di varie discipline (progettazione, tecnologia, strutture) e i consulenti di trasporto.

Infine, tramite il Council on Tall Buildings and Urban Habitat, lo stesso tema progettuale è stato lanciato anche ad altre facoltà di architettura, cui è stato chiesto di proporre un progetto di grattacielo utilizzando gli impianti *rope-less*. A questa sfida hanno risposto la Melbourne University e la Nottingham University.

I risultati ottenuti sono stati commentati e discussi insieme al gruppo di ricerca thyssenkrupp che si occupa dello sviluppo del Multi, portando alla luce considerazioni interessanti e utili ai fini di questa ricerca. Il gruppo thyssenkrupp ha inoltre fornito agli studenti suggerimenti e modifiche affinché i progetti potessero essere realistici. Si tenga in considerazione che per la fase progettuale è stato richiesto agli studenti di applicare sistemi *rope-less e multi-car* che potevano non essere per forza direttamente riconducibili al sistema Multi. Lo scopo dell'esercitazione, infatti, era quella di valutare gli effetti che ascensori senza funi, in grado di muoversi anche orizzontalmente, avrebbero causato nel tipo edilizio dell'edificio alto.

Tutte i progetti e gli esercizi raccolti sono stati presi in analisi per poter poi avanzare alcune considerazioni progettuali che si spera possano essere utili in futuro quando se e sistemi di trasporto semoventi e *rope-less* saranno disponibili sul mercato.

### 6.1 Esercitazioni progettuali condotte con i vertical transportation consultants

<sup>1</sup> d2e Vertical Transportation Consultant è una società di consulenza internazionale per la gestione dell'accessibilità a impianti ascensori, scale mobili e facciate con sede operativa a Londra (www.d2e.com).

<sup>2</sup> WSP è un'azienda ingegneristica che si occupa di diversi settori del mondo delle costruzioni (dalle infrastrutture stradali agli impianti di produzione energetica) proponendo un approccio creativo e sostenibile, rivolto verso il futuro (www.wsp.com).

La prima proposta di esercizio progettuale ha visto il coinvolgimento diretto di due consulenti di trasporto verticale: Robin Cheeseright, d2e Vertical Transportation Consultant<sup>1</sup> e Tony Sharp, WSP<sup>2</sup> (precedentemente d2e).

In questo primo caso l'autore ha individuato dei modelli di riferimento di edifici alti a seconda di varie categorie di interesse e sulla base dei risultati dell'analisi conoscitiva condotta. In collaborazione con i consulenti di traffico verticale sono state poi analizzate e studiate diverse possibili applicazioni dei sistemi *rope-less*.

In **Tabella 1** sono riportati gli edifici di riferimento che sono stati sottoposti ai consulenti. È stato deciso di studiare edifici alti con diverse funzioni (uffici, residenziali, hotel e uso misto), di diverse dimensioni (altezze convenzionali ed eccezionali) e diverse configurazioni formali (torri singole, torri collegate o cluster di torri). L'elenco riassume le varie categorie di edificio proposte per l'esercizio progettuale alcuni dati informativi (dedotti dagli edifici di riferimento ma semplificati per gli obiettivi di questo esercizio) da utilizzare come riferimento per lo sviluppo dell'esercizio progettuale.

Edificio di riferimento	Altezza [m]	Destinazione d'uso	Motivazioni della scelta
432 Park Avenue, New York	425,7	Residenziale di lusso	Edificio molto alto e snello con una bassa densità abitativa
The Pinnacle@Duxton, Singapore	156	Residenziale	Complesso di edifici connessi con un'alta densità abitativa
Shanghai Tower, Shanghai	630	Mixed use: uffici, hotel, spazi pubblici	Mega-tall building che ospita funzioni diverse, sia pubbliche che private.
Marina Bay Sands, Singapore	193,9	Hotel + Spazi pubbliche	Tre torri connesse da uno sky-bridge aperto al pubblico
La Grande Arche <sup>3</sup> , Puteaux (Francia)	111	Uffici + Spazi pubbliche	Edifici di forma non convenzionale.

**Tabella 1:** La tabella riassume gli edifici di riferimento che sono stati proposti e sviluppati con i vertical transportation consultants per la fase di esercizio progettuale.

La Grande Arche, o Arc de la Defense, è un edificio iconico realizzato appena fuori Parigi nel 1989. È un enorme cubo, 111 metri per lato, svuotato al centro e che ospita uffici. Sebbene non sia stato incluso nell'indagine conoscitiva si è stato deciso di studiare anche questo edificio nell'esercizio applicativo per testare l'applicazione di sistemi *rope-less* in edifici di configurazioni non convenzionali e tridimensionali, categoria formale relativamente rara ma che conta esempi molto interessanti. Oltre a La Grande Arche, infatti, si potrebbero citare la CCTV Tower di Pechino, la City of Dreams di Macau, lo Sheraton Huzhou Hot Spring Resort in Cina.



**Figura 1:** 432 Park Avenue, New York. Edificio residenziale considerato “snello” per l’evidente sproporzione tra altezza e dimensione in pianta.

Fonte: Marshall Gerometta, CTBUH

### 6.1.1 432 Park Avenue, New York

Gli edifici residenziali normalmente non rappresentano particolari difficoltà quando si tratta di determinare la strategia di circolazione interna più adatta. I momenti critici da gestire si concentrano di solito durante la mattina, quando gli abitanti escono per andare al lavoro, e la sera, quando alcuni rientrano a casa e altri escono.

Si tratta comunque di una domanda contenuta, solitamente l’obiettivo è quello di smaltire il 6% della popolazione prevista in 5 minuti, visto che gli impianti non hanno bisogno di gestire grandi flussi contemporaneamente. Per questo motivo, gli edifici residenziali, sono solitamente serviti da *bank* di ascensori minimi perché, semplicemente, non hanno bisogno di grandi impianti.

Con l’avvento di edifici residenziali molto alti, tuttavia, è entrato in gioco un nuovo aspetto della progettazione, legato ai sistemi di trasporto verticale, il cosiddetto “*elevator commute*”<sup>3</sup>. Tale locuzione rappresenta il tempo di attesa dell’arrivo dell’ascensore, sommato al tempo della corsa che va poi integrato al tempo che si impiega per coprire il tragitto casa lavoro e viceversa. Questo tragitto, se calcolato su base annuale, può essere considerevole. Gli agenti immobiliari ora hanno bisogno di prendere in considerazione l’*elevator commute*, in ore e migliaia all’anno, al momento della compravendita dell’immobile.

Questi condomini residenziali sempre più alti, richiederanno tragitti sempre più estesi, anche a causa delle limitazioni della velocità degli ascensori. Si consideri che, nel caso di edifici residenziali, i tempi di attesa accettabili da un utente si aggirano attorno ai 40 secondi, meglio se 30. Tuttavia, i tempi di viaggio sono difficili da calcolare con una semplice analisi comparativa, a causa delle probabilità di spostamenti interpiano dovuti alla ricezione di chiamate da parte di altri utenti lungo il tragitto.

<sup>3</sup> Si trasferisce il concetto del pendolarismo, tipico del settore dei trasporti pubblici, alla circolazione interna degli ascensori. Torri residenziali sempre più alte richiedono tempi di trasporto sempre più estesi, spesso aumentati dalle attese per l’arrivo della cabina al piano o le soste lungo il tragitto per far scendere o salire altri passeggeri. Il tema del pendolarismo dei grattacieli sta diventando un fattore determinante anche per il “valore” che si dà agli spazi in vendita. Si rimanda a Bonislowski A., “*World’s Longest Commutes, by Elevator*” The Wall Street Journal, 22 gennaio 2015 (<https://www.wsj.com>)

<sup>4</sup> Richard Peters è dottore di ricerca in Vertical Transportation, è visiting professor presso la University of Northampton e ha sviluppato il software *Elevate*, strumento largamente utilizzato nel settore ascensoristico per pre-dimensionare e controllare i progetti di trasporto verticale negli edifici. Il software, una volta inseriti i dati iniziali dell'edificio e le caratteristiche dell'impianto ascensoristico che si intende testare, genera automaticamente una serie di possibili soluzioni di traffico basandosi su dei template di traffico standard o personalizzabili. Per ulteriori approfondimenti si rimanda alla pagina ufficiale: [www.peters-research.com](http://www.peters-research.com)

L'obiettivo di questo primo esercizio progettuale è quello di cercare di ridurre i tempi di *elevator commute* valutando altre possibili soluzioni di trasporto verticale, incluse quelle *rope-less*. L'edificio 432 Park Avenue preso a riferimento per questo esercizio progettuale è una torre residenziale molto snella, condizione peculiare che influisce sulla progettazione dell'impianto di circolazione, come si vedrà di seguito.

Le simulazioni condotte, basate sul modello di traffico per edifici residenziali sviluppato da Richard Peters<sup>4</sup> per le fasce orarie serali (si faccia riferimento a **Figura 1**). I risultati indicano che un bank con 4 ascensori sia più che sufficiente per la gestione del traffico interno della torre durante l'ora di picco serale. I tempi medi di attesa calcolati si aggirano attorno ai 30 secondi, considerando: una popolazione di 6 abitanti per piano, un assenteismo pari al 20% della popolazione totale, una velocità di moto delle cabine di 6 m/s e una soluzione di *dispatching* piano per piano.

Stando ai calcoli l'eventuale aggiunta di una cabina all'impianto porterebbe ad un miglioramento minimo e ridurrebbe ulteriormente lo spazio a disposizione degli appartamenti, data la configurazione già limitata della torre.

Una possibile soluzione alternativa che è stata valutata vede l'utilizzo di ascensori *double-deck*, il che porterebbe ad un notevole aumento della capacità di traffico. Tuttavia, vista la natura della torre e la ridotta popolazione da gestire, optare per tale soluzione sarebbe uno spreco. Inoltre, le simulazioni condotte per un impianto *double-deck* indicano un leggero aumento dei tempi di attesa.

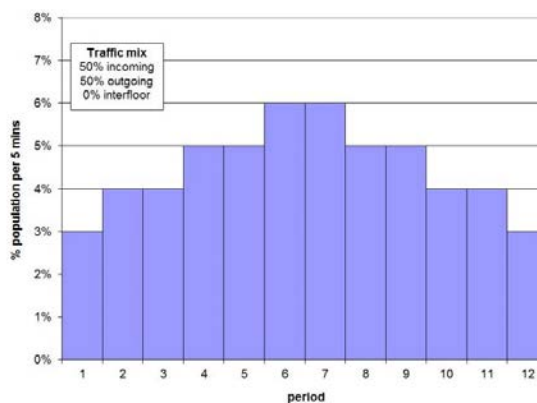
È stato poi valutato di ridurre a 3 il numero di cabine del *bank*. Una simile configurazione, tuttavia, aumenterebbe in modo sostanziale i tempi di attesa, da 1 a 3 minuti rispetto ai 30 secondi ritenuti accettabili, questo perché con meno macchine il numero di fermate interpiano che una cabina deve gestire aumenta.

In termini di *elevator commute*, si calcola che, supponendo un viaggio (andata e ritorno) giornaliero, in una configurazione a 4 cabine il passeggero accumulerebbe 9 ore all'anno (intesi come somma tra tempo di attesa e in viaggio), in una soluzione a 3 cabine, invece, le ore all'anno salgono a 15.

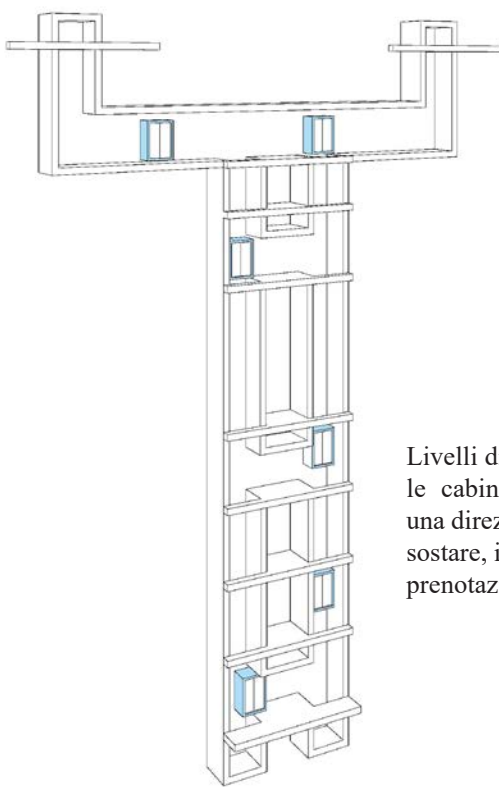
La soluzione più ovvia, per ridurre i tempi di pendolarismo, sarebbe di aumentare ulteriormente il numero di cabine, il che porterebbe però ad una riduzione dello spazio servito (appartamenti e spazi a rendita) a

**Figura 2:** Il grafico in immagine rappresenta il template di riferimento utilizzato per le simulazioni condotte dai consulenti. Indica la percentuale di popolazione (asse y) nel tempo (asse x) che deve essere "smaltita" in 5 minuti.

Fonte: CIBSE Guide D, 2015.







Tracciati di accesso esclusivo per gli appartamenti collocati agli ultimi livelli.

Livelli di scambio e sosta, dove le cabine possano passare da una direzione di moto all'altra o sostare, in attesa di ricevere una prenotazione.

favore di quello servente. Si è valutato anche di inserire altri ascensori all'esterno del grattacielo, soluzione non percorribile da un punto di vista architettonico e formale. Si è passati quindi a valutare la possibile applicazione di sistemi *rope-less* ad induzione magnetica, indagando la possibilità di avere più cabine autonome all'interno degli stessi vani di corsa comuni.

Condurre simulazioni sulle prestazioni di un sistema *rope-less* non è ancora fattibile tramite software, sono quindi state fatte delle simulazioni teoriche di base. Si è ipotizzato di avere 12 cabine che circolano all'interno degli stessi vani di corsa, concepiti a circuito chiuso come in **Figura 3**. Considerando una velocità di moto pari a 2,5 m/s (inferiore rispetto agli impianti convenzionali ma non ci si aspetta che un dispositivo sprovvisto di funi possa raggiungere velocità elevate) i tempi di viaggio sarebbero più lunghi ma quelli di attesa nettamente inferiori, pari circa alla metà di quelli precedenti.

In un futuro, l'aumento della velocità della cabina e una riduzione dei tempi di interscambio, quando cioè si passa da un vano in salita ad uno in discesa, potrebbero ulteriormente migliorare le prestazioni complessive del sistema. Questi livelli di scambio potrebbero anche essere utilizzati come aree di sosta dove le cabine potrebbero fermarsi in attesa di registrare una chiamata, riducendo così i tempi di attesa e di circolazione.

La possibilità di far viaggiare più cabine lungo lo stesso tracciato permetterebbe poi di annullare la necessità di avere vani dedicati ai soli ascensori di servizio. Infine, il servizio esclusivo al piano non solo per le penthouse agli ultimi livelli ma, forse, anche per tutti gli appartamenti. La **Figura 3** fornisce una rappresentazione di un ipotetico circuito di trasporto *rope-less* sviluppato per questo primo esercizio progettuale.

**Figura 3:** Modello di circuito di trasporto per impianti *rope-less* sviluppato. Si tratta di un circuito a due linee, connesse a più livelli per permettere lo spostamento delle cabine e l'inversione di marcia. Suggestiscono di prevedere delle aree di parcheggio per le cabine lungo l'estensione del circuito, questo per ridurre i tempi di attesa e di servizio. In sommità, suggeriscono una diramazione dei tracciati per permettere un accesso esclusivo separato agli appartamenti di prestigio agli ultimi livelli.

Fonte: rielaborazione autore da modelli di *d2e vertical transportation experts*

## CONSIDERAZIONI FINALI

*Figura 4: Pinnacle@Duxton, cluster di edifici residenziali ad alta densità abitativa realizzato a Singapore. il valore aggiunto di questo complesso di sette torri sta nei collegamenti orizzontali, attrezzati con giardini pensili, spazi di incontro e servizi a disposizione degli abitanti.*

*Fonte: CTBUH*

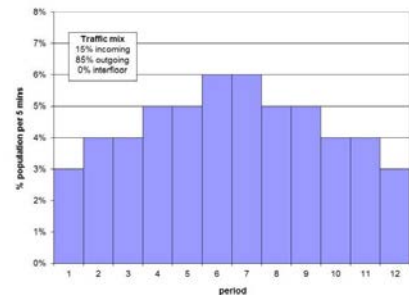
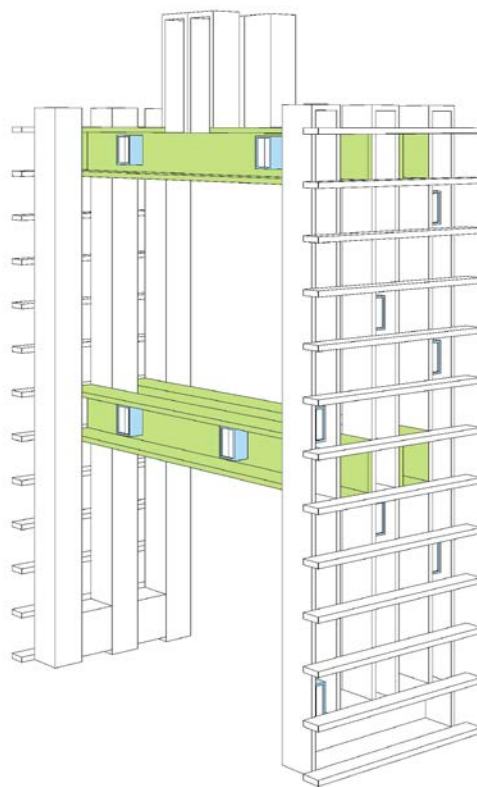


### **6.1.2 Pinnacle@Duxton, Singapore**

Questo secondo edificio di riferimento vede una serie di torri residenziali connesse tra di loro da *sky-bridge* e *sky-gardens*. Sebbene la configurazione in pianta degli edifici sia paragonabile per dimensioni a quella dell'edificio precedente, l'altezza delle 7 torri che costituiscono il complesso del Pinnacle@Duxton di Singapore è nettamente inferiore a quella della torre su Central Park. Un'altra differenza fondamentale è la densità abitativa che, in questo caso di studio è molto più elevata del precedente. Si tratta infatti di un complesso residenziale ad alta densità abitativa. Per l'analisi di questo edificio si intende considerare un tempo di attesa medio non superiore ai 60 secondi. I modelli di traffico presi a riferimento sono quelli proposti da Richard Peters per il picco mattutino in discesa di edifici residenziali. Si è deciso di fare riferimento a questo template per tenere in considerazione la probabilità che, in edifici come quello di riferimento, la mattina sia adulti che bambini debbano scendere al piano terra per uscire dell'edificio.

Assumendo quindi di avere un bank di ascensori composto da quattro cabine per ogni torre del complesso con una capienza di 17 persone e con una velocità pari a 4 m/s, si ottiene un tempo medio di attesa pari a 50 secondo. Si potrebbe eventualmente valutare la velocità di moto delle cabine ma, visto che la precedente configurazione assicura, anzi non raggiunge nemmeno, il tempo di attesa medio stabilito non si ritengono necessarie modifiche a quanto detto.

Per questa prima simulazioni si è partiti dal presupposto che ogni cabina effettuasse un servizio piano per piano. Una seconda alternativa da tenere in considerazione potrebbe essere quella di gerarchizzare il servizio in *low-rise* e *high-rise*. Con questo approccio, assegnare solo due ascensori alle due zone porterebbe ad un servizio inefficiente. Bisognerebbe quindi pensare di aumentare il numero di cabine a servizio delle due zone, riducendo gli altrimenti lunghi tempi di attesa al piano quando entrambe le cabine sono occupate e in servizio.



Data la configurazione formale dell'edificio di riferimento si potrebbe pensare ad una applicazione di un impianto *rope-less* sia per gestire il traffico verticale sia per contribuire al collegamento tra le varie torri. Per prima cosa i 4 vani corsa calcolati per un impianto convenzionale potrebbero essere ridotti, grazie alla possibilità di far circolare più cabine contemporaneamente lungo gli stessi tracciati.

Rispetto agli spostamenti in orizzontale ci potrebbero essere dei problemi legati alle fasi di accelerazione e decelerazione di movimento a discapito del comfort e della sicurezza dei passeggeri, che potrebbero rischiare di perdere l'equilibrio. I livelli confortevoli suggeriscono una velocità massima di accelerazione pari a  $1 \text{ m/s}^2$  e di  $0,1-0,2 \text{ m/s}^2$  per lo scatto, valori notevolmente inferiori rispetto a quelli utilizzati per il moto in verticale delle cabine. Volendo assicurare comfort e sicurezza per i passeggeri, i sistemi di trasporto *rope-less* applicati per lo spostamento orizzontale dovranno prevedere corrimano, sedute e supporti audiovisivi all'interno delle cabine.

Si suggerisce di prendere in considerazione transizioni curvilinee, piuttosto che orizzontali, per poter ridurre i tempi di rallentamento e accelerazione, rendendo così il trasporto più fluido e costante. Il rischio è quello di rendere il trasporto un'esperienza di viaggio paragonabile ad un parco a tema, più che un servizio necessario.

Sebbene si sia trattato di un approccio semplicistico alla valutazione delle prestazioni di un impianto *rope-less* multidirezionale sono emersi interessanti spunti di ragionamento che dovrebbero essere approfonditi in futuro.

I vantaggi immediati, legati all'applicazione di un sistema *rope-less*, riguardano la riduzione degli spazi dedicati agli ascensori, a favore delle superfici abitabili, e una diminuzione dei tempi di elevator commute, rendendo un servizio efficiente.

L'obiettivo finale dovrebbe essere quello di valutare nuove espressioni architettoniche rispetto al tipo edilizio dell'edificio alto.

**Figura 6:** Modello di circuito di trasporto per impianti *rope-less* a tre linee, connesse orizzontalmente per permettere l'inversione di moto. Le tre linee verticali rappresentate in blu servono le torri residenziali. In corrispondenza degli sky-bridge si propone l'inserimento di un tracciato separato (arancione) che collega le due torri.

Fonte: rielaborazione autore da modelli di *d2e vertical transportation experts*

**Figura 5:** Pattern di picco di traffico mattutino considerato per lo sviluppo dell'esercizio progettuale di riferimento.

Fonte: CIBSE Guide D, 2015.

## CONSIDERAZIONI FINALI

*Figura 7: Foto dell'hotel Marina Bay Sands di Singapore. La peculiarità di questo hotel sta nella forma a vela delle tre torri e nel ponte di collegamento collocato all'ultimo piano dove è presente una piscina all'aperto con vista sulla città.*

*Fonte: Terri Meyer Boake via CTBUH.*



### 6.1.3 Marina Bay Sands, Singapore

Il terzo edificio di riferimento è il Marina Bay Sands di Singapore, un complesso di tre torri dalla forma particolare a vela collegate in sommità dallo spazio caratteristico e rappresentativo di questo edificio: una piscina panoramica (Figura 20). Lo *sky-bridge* che collega le tre torri, infatti, contiene varie funzioni a servizio degli ospiti dell'hotel tra cui una piscina con bordo a filo che permette di godere di una vista privilegiata della città. Sulla base delle analisi di traffico condotte, sulla base di template di riferimento consoni, è possibile affermare che una configurazione a 10 cabine per ognuna delle tre torri sarebbe ottimale per gestire la popolazione attesa. Per tale ragione, l'eventuale applicazione di un sistema rope-less potrebbe determinare una riduzione del numero di vani di corsa, previo aumento del numero di cabine in circolazione. Si potrebbe anche valutare di inserire cabine con dimensioni e funzioni differenti, non dovendo così creare vani dedicati e ridurre lo spazio servito a favore di quello servente. Un ulteriore spunto di ragionamento riguarda la gestione dei sistemi di accesso alla torre e, di conseguenza, ai bank ascensori. Una progettazione consapevole della lobby di accesso potrebbe permettere di distinguere i flussi al piano terra, distinguendo tra ospiti dell'hotel, visitatori, personale. La **Figura 21**

*Figura 8: Vista panoramica sulla città di Singapore dalla piscina collocata sullo sky-bridge che collega in sommità le tre torri che costituiscono il Marina Bay Sands hotel.*

*Fonte: wikimedia.*



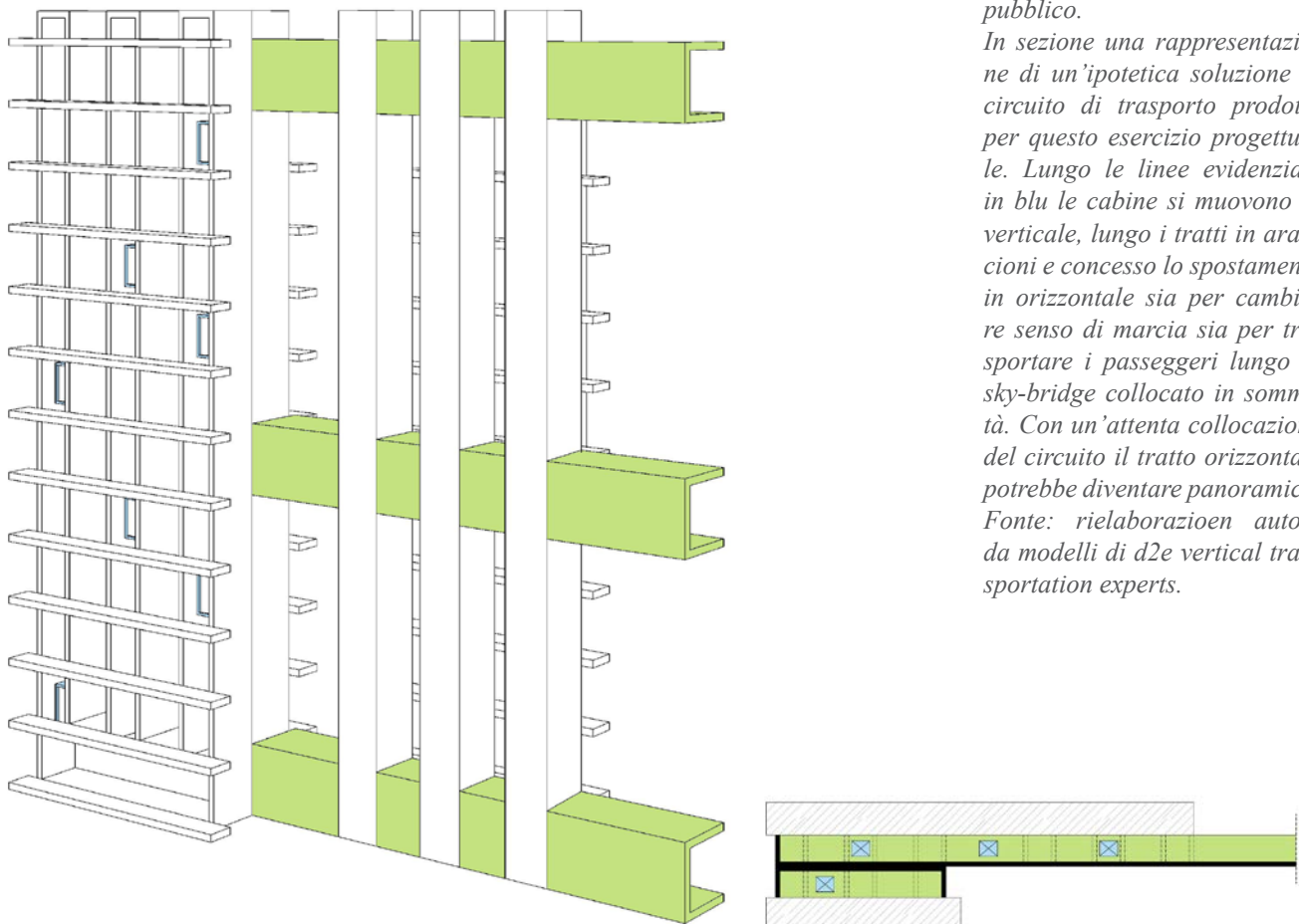
rappresenta una schematica configurazione di quanto detto ora. I bank di ascensori potrebbero essere configurati con un doppio fronte, uno su un lato e uno sull'altro che corrispondono ad aree di carico distinte, per esempio, una dedicata solo al personale di servizio e quella opposta agli ospiti e ai visitatori dell'hotel. Inoltre, ipotizzando di creare un circuito misto, verticale lungo le torri e orizzontale lungo il collegamento in sommità, il sistema di trasporto stesso potrebbe diventare un'attrazione per visitatori esterni che decidono di godere di una vista panoramica ed esclusiva della città. In questo caso specifico il beneficio portato dai sistemi rope-less riguarda soprattutto la riduzione delle dimensioni all'interno del core. Il collegamento orizzontale è un elemento aggiunto e peculiare di questo specifico progetto che lo prevede, non porta quindi a vere e proprie migliorie in termini di servizio.

In **Figura 9** una rappresentazione del modello di circuito pensato per l'esercizio progettuale in questione. Si tratta di un circuito, che potrebbe essere definito a mutlivie, con un doppio fronte, in relazione al modello di bank presentato nell'immagine precedente. I tracciati verticali gestiscono il traffico all'interno delle torri dell'hotel, mentre gli elementi indicati in arancione costituiscono i collegamenti orizzontali. Come in casi precedenti tali tracciati permettono alle cabine di invertire il senso di marcia e cambiare linea di trasporto e, in riferimento allo specifico caso di riferimento, consentono di effettuare il servizio lungo il tratto orizzontale dello *sky-bridge* collocato in sommità all'edificio.

## CONSIDERAZIONI FINALI

**Figura 9:** In pianta schematizzazione di un modello di bank di ascensore organizzato su due fronti opposti, per permettere la distinzione, per esempio, di due flussi che devono rimanere distinti. Si pensi per esempio alla separazione del flusso privato e pubblico.

In sezione una rappresentazione di un'ipotetica soluzione di circuito di trasporto prodotto per questo esercizio progettuale. Lungo le linee evidenziate in blu le cabine si muovono in verticale, lungo i tratti in arancioni e concesso lo spostamento in orizzontale sia per cambiare senso di marcia sia per trasportare i passeggeri lungo lo *sky-bridge* collocato in sommità. Con un'attenta collocazione del circuito il tratto orizzontale potrebbe diventare panoramico. Fonte: rielaborazione autore da modelli di d2e vertical transportation experts.



**Figura 10:** La Grande Arche, Peteaux fuori dalle porte di Parigi, un enorme cubo, 111 metri per lato, svuotato al centro e che ospita uffici.  
Fonte. wikimedia



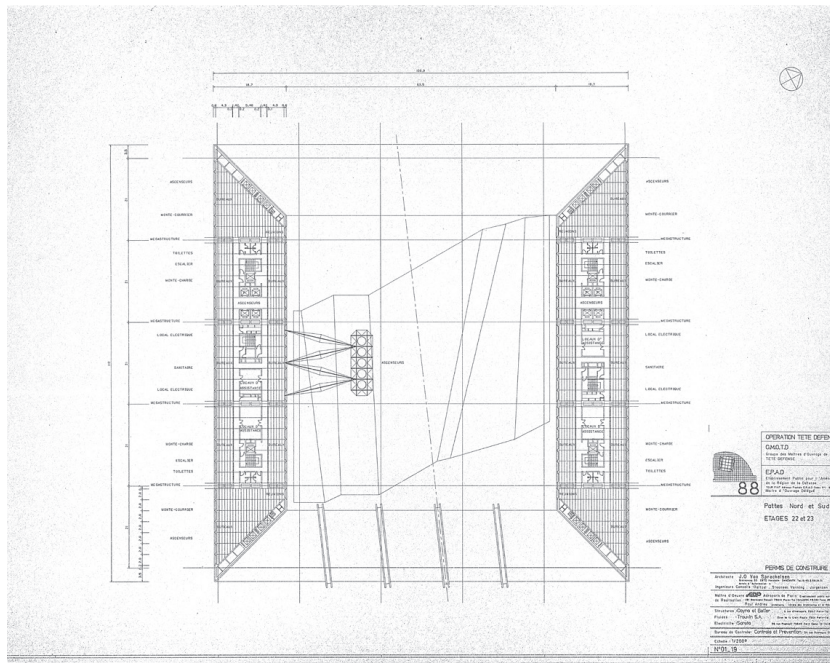
#### 6.1.4 La Grande Arche, Peteaux (Francia)

Il caso studio dell'edificio La Grande Arche necessita di una trattazione a sé, data la particolarità del progetto. Si tratta di un enorme cubo, circa 110 metri per lato, svuotato al centro. Il gesto crea una sorta di enorme portale in calcestruzzo. È un edificio per uffici con un terrazzo panoramico, accessibile tramite un sistema di ascensori esterno e dedicato. Si premette che gli edifici per uffici sono tra i più problematici da studiare quando si tratta di trasporto verticale. In questo caso la criticità non riguarda tanto la dimensione dell'edificio, relativamente contenuto soprattutto se paragonato alle torri per uffici, quanto più alla sua propria conformazione formale.

Pensando ad una ipotetica applicazione dei sistemi *rope-less* e multidirezionali ad un edificio del genere l'approccio valutato è stato "più estremo" che in altri esercizi di progetto condotti.

**Figura 11:** Gli ascensori panoramici installati nel vuoto centrale della Grande Arche, utilizzati dai turisti per raggiungere il tetto panoramico dell'edificio.  
Fonte. wikimedia





**Figura 12:** Pianta dei piani 22 e 23 della Grande Arche. Come si vede gli elementi serventi, tra cui gli ascensori per la circolazione interna, sono collocati al centro e allineati, lasciando agli spazi serviti (uffici) il rapporto diretto con l'esterno.

Fonte: <https://miesarch.com/>

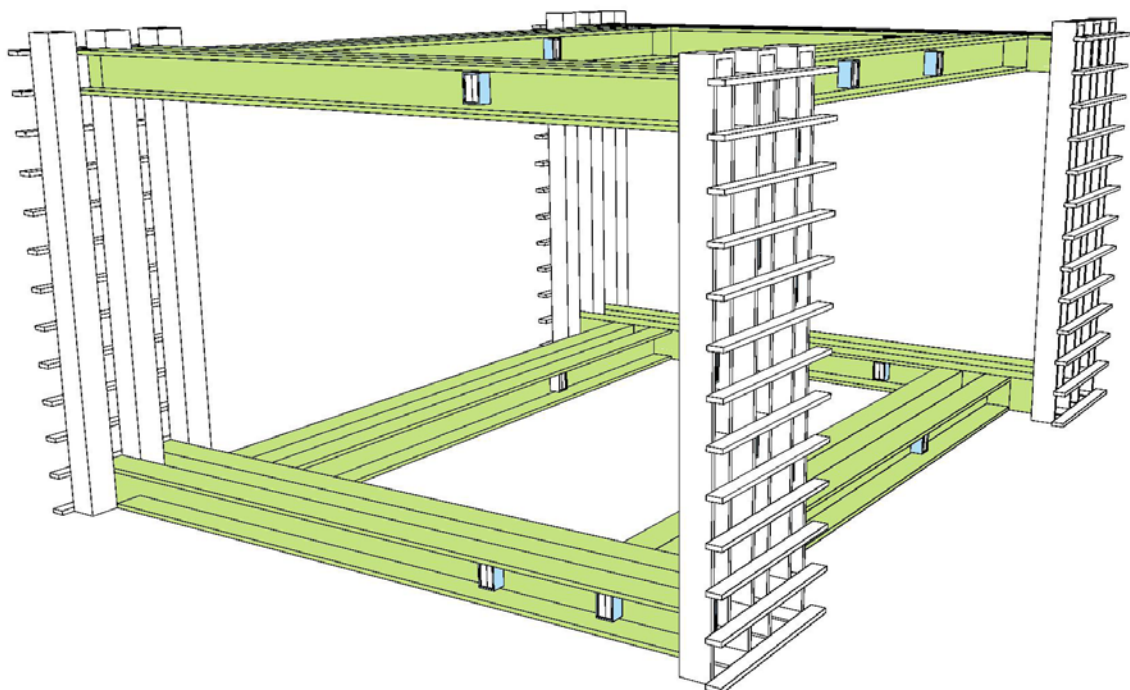
<sup>5</sup> Per quanto provocatoria la configurazione proposta dai consulenti di trasporto verticale per il caso studio della Grande Arche rimanda subito al sistema Odyssey presentato da Otis nel 1986 e al caso studio dell'ascensore di Castello d'Albertis Montegalletto.

La configurazione<sup>5</sup> aggiunge un ulteriore grado di libertà ai dispositivi, permettendo alle cabine di muoversi in uno circuito tridimensionale. Si tratta di una provocazione volontaria che introduce, tuttavia, alcuni interessanti spunti di ragionamento. In primo luogo si potrebbe pensare ad un sistema misto o a due categorie di circuiti distinti. Il primo che gestisce il traffico verticale e il secondo lungo i tracciati orizzontali. Questa soluzione necessiterebbe di un piano di scambio per i passeggeri ma ridurrebbe comunque i tempi di percorrenza e spostamento tra le varie parti dell'edificio.

L'altro punto su cui ragionare riguarda le possibilità formali che i sistemi rope-less e multidirezionali potrebbero permettere di concepire, portando quindi alla progettazione di nuove configurazioni di edifici, alti e non.

## CONSIDERAZIONI FINALI

**Figura 13:** La soluzione di circolazione tridimensionale proposta dai consulenti di trasporto per l'esercizio progettuale di un edificio per uffici con configurazione non convenzionale. Fonte: *d2e vertical transportation experts.*



**Figura 14:** La Shanghai Tower di Shanghai, ad oggi il secondo edificio più alto del mondo.  
Fonte: archdaily



### 6.1.5 Shanghai Tower, Shanghai

Secondo edificio più alto al mondo, la Shanghai Tower è un grattacielo ad uso misto

molto complesso, sotto vari punti di vista. La Shanghai Tower è stata suddivisa e organizzata in nove zone distinte con funzioni ed esigenze differenti. La tabella riporta l'organizzazione interna della torre e le funzioni previste ai vari livelli.

Come si può leggere in **Tabella 2** la Shanghai tower contiene molte funzioni ma, oltre a quelle pubbliche, ci sono piani per uffici e hotel, le residenze non sono previste. La collocazione dei piani meccanici e delle lobby di riferimento è stata progettata in modo strategico per poter organizzare la torre in sezioni nettamente distinte ed indipendenti, un'organizzazione che il sistema di trasporto verticale rispetta tramite servizi dedicati e una netta separazione dei flussi di traffico. Questa strategia porta a dei vantaggi sia nella gestione dei flussi di traffico che della sicurezza degli utenti.

Per la sezione uffici, ci sono 4 *lobby* di riferimento servite da ascensori *express double-deck*, l'accesso a singoli piani degli uffici, invece, è gestito da ascensori convenzionali che effettuano un servizio local piano per piano. Sono state previste 54 cabine e 3 montacarichi per servire la porzione di torre dedicata agli uffici.

L'accesso all'hotel avviene attraverso una quinta *lobby* collocata al 101° e il 102° livello e servita da sei cabine *express*. Ogni *lobby* è organizzata su due livelli e ospita anche spazi di servizio a seconda della funzione contenuta nei piani della sezione cui fa riferimento: ristoranti, sale conferenze, caffetterie e così via.

Le terrazze panoramiche si possono raggiungere utilizzando uno dei 3 ascensori ad alta velocità<sup>6</sup> che le servono. Ad essi sono affiancati, in caso di necessità, tre ascensori antincendio che entrano in servizio an-

<sup>6</sup> Gli ascensori ad alta velocità installati nella Shanghai Tower sono ad oggi i più veloci al mondo, riuscendo a raggiungere una velocità di 20,5 m/s.



Livello (dal basso verso l'alto)	Funzione
Dal -5 al -3	Parcheggi
Livello -2	Accesso diretto alla metro, negozi e ristoranti
Livello -1	Ingresso per visite turistiche, negozi e ristoranti
Livello 1 (piano terra)	Lobby di ingresso degli uffici, Lobby di ingresso per l'hotel, negozi e ristoranti
Livello 2	Sala di gala, negozi, ristoranti
Dal livello 3 al 4	Negozi e ristoranti
Livello 5	Centro conferenze
Dal livello 6 al 7	Impianti
Dal livello 8 al 19	Uffici
Dal livello 20 al 21	Impianti
Dal livello 22 al 23	Sky Lobby
Dal livello 24 al 34	Uffici
Dal livello 35 al 36	Impianti
Dal livello 37 al 38	Sky Lobby
Dal livello 39 al 49	Uffici
Dal livello 50 al 51	Impianti
Dal livello 52 al 53	Sky Lobby
Dal livello 54 al 65	Uffici
Dal livello 66 al 67	Impianti
Dal livello 68 al 69	Sky Lobby
Dal livello 70 al 81	Uffici
Dal livello 82 al 83	Impianti
Livello 84	Piscina, sky lounge e sky garden
Livello 85	Spa e centro fitness
Dal livello 86 al 98	Hotel: camere standard e deluxe
Dal livello 99 al 100	Impianti
Livello 101	Hotel sky-lobby e lounge bar
Livello 102	Caffetteria
Livello 103	Ristoranti, negozi e sala pranzo
Livello 104	Ristorante e VIP room
Dal livello 105 al 109	Hotel: suites e camere deluxe
Livello 110	VIP Business Center
Dal livello 111 al 115	Negozi e boutiques
Dal livello 116 al 117	Impianti
Dal livello 118 al 119	Terrazza panoramica
Livello 120	Ristoranti
Livello 121	Terrazza panoramica
Da livello 122 al 124	Impianti
Dal livello 125 al 127	Concert Hall
Livello 128	Impianti

**Tabella 2:** La tabella ripropone il programma funzionale della Shanghai Tower, proponendo in elenco le funzioni previste per tutti i 128 piani della torre.

che nel caso di congestione durante le fasi di punta.

Di seguito i valori di riferimento che sono stati tenuti in considerazione per questo esercizio progettuale, organizzati e distinti a seconda della funzione:

- **Uffici:** tempo medio di attesa tra i 25 e i 30 secondi, tempo medio per raggiungere la destinazione non superiore a 90 secondi;
- **Hotel:** il tempo di attesa media utilizzato è di 40 secondi;
- **Spazi pubblici:** solitamente, la condizione ideale sarebbe quella di non superare i 90 secondi, ma un momento di intenso traffico potrebbero alzare i tempi di attesa. Questo è tipico delle visite a terrazze panoramiche.

Inoltre, non si deve tralasciare il tempo necessario ai passeggeri per passare da un servizio express ad uno locale. Solitamente, infatti, i dispositivi designati ai due diversi servizi non sono collocati vicini e necessitano di un tragitto a piedi per essere raggiunti. Questo è un punto su cui si dovrebbe ragionare quando si pensa alla sostituzione, o integrazione, di un sistema convenzionale con uno rope-less e multidirezionale.

Nel caso della sezione dedicata agli uffici una prima sperimentazione potrebbe essere quella di sostituire i dispositivi double-deck con un impianto rope-less che operi in modo simile al sistema Paternoster: un numero di cabine proporzionato alla domanda che permettano di mantenere il tempo di attesa al di sotto dei 25 secondi di tempo che si muovono lungo un tracciato circolare chiuso.

Secondo un rapido calcolo: un singolo impianto *double-deck*, che effettua servizio dal piano 0 al 52°, con una velocità di 10 m/s ha bisogno di circa 2 minuti di tempo per effettuare un viaggio completo di andata e ritorno. Un gruppo di 8 cabine, invece, potrebbe effettuare lo stesso servizio ad un intervallo di tempo pari a 30 secondi. Una simile prestazione potrebbe essere garantita *anche da un sistema rope-less con il vantaggio che basterebbero 4 vani, o meglio due circuiti chiusi, riducendo in modo considerevole lo spazio occupato.*

Tuttavia, una velocità di 10 m/s potrebbe essere eccessiva, per lo meno per le prime applicazioni di rope-less, considerando quindi una velocità massima di 5 m/s per garantire un intervallo di tempo di servizio di 30 secondi si ritiene necessario inserire almeno 6 cabine per circuito. Tuttavia, considerando che i sistemi double-deck hanno anche una capacità di carico maggiore, sarebbe auspicabile aumentare ancora il numero di cabine di un impianto rope-less per rendere il servizio simile ad uno convenzionale.

Raggiunto il piano di scambio il servizio local potrebbe essere comunque assegnato ad un impianto convenzionale o, in alternativa, ad un altro sistema rope-less. In questo caso il vantaggio riguarda una riduzione del numero di vani e dei tempi di attesa, grazie alla presenza di un maggior numero di cabine.

Facendo riferimento alla conformazione specifica del core della Shanghai tower le traslazioni lungo piani orizzontali avrebbero poco senso

in questo caso. Tuttavia, oltre ad individuare dei punti di snodo, dove le cabine possano passare da una linea ad un'altra, si suggerisce di prevedere delle aree di sosta o parcheggio dove le cabine possano aspettare in attesa di ricevere una prenotazione, riducendo ulteriormente i tempi di attesa.

Per quanto riguarda la gestione della sezione hotel, la proposta è quella di integrare all'interno dello stesso circuito sia il servizio diretto, dal piano terra alla lobby, che quello piano per piano. In corrispondenza dei momenti di picco si potrebbe pensare di inserire cabine aggiuntive all'interno dello stesso circuito. Questa soluzione potrebbe essere uno spunto di ragionamento per le successive fasi di sviluppo e applicazione dei sistemi rope-less.

Il servizio alle terrazze panoramiche collocate in sommità deve essere mantenuto nettamente distinto dagli altri circuiti, per questioni di gestione e sicurezza. Nel caso specifico della Shanghai Tower i tre ascensori attualmente utilizzati potrebbero essere sostituiti da un singolo circuito rope-less, considerando anche in questo caso la possibilità di inserire cabine aggiuntive in caso di necessità.

Gli ascensori di servizio e i montacarichi non sono stati presi in considerazione per questo esercizio progettuale, tuttavia si tratta di un aspetto molto importante nel progetto di trasporto verticale in particolare modo nel caso di una torre come la Shanghai Tower. Inserire gli ascensori di servizio e i montacarichi all'interno degli stessi circuiti utilizzati dagli ascensori per passeggeri non è consigliabile. Nel caso in cui si volesse comunque tentare questa alternativa il consiglio potrebbe essere quello di utilizzare la traslazione orizzontale resa possibile dai sistemi rope-less per dislocare le cabine di servizio e i montacarichi in spazi dedicati dove poter effettuare il carico o scarico delle merci senza intralciare il normale servizio delle altre cabine. Così facendo, gli ascensori di servizio potrebbero condividere i circuiti con altre cabine ma spostarsi in corrispondenza dei piani in aree dedicate.

Infine, si intende proporre un'ultima riflessione riguardo gli aspetti della sicurezza. Attualmente la torre dispone di ascensori per l'evacuazione in caso di emergenza dimensionati per far uscire l'intera popolazione in massimo due ore di tempo. Gli ascensori dedicati effettuerebbero servizio diretto tra le sky-lobby, concepite come spazi sicuri in cui attendere i soccorsi, e il piano terra, unica effettiva via di fuga. Al momento non si conoscono limitazioni specifiche che impediscano l'eventuale applicazione di sistemi rope-less per questo importante scopo, tuttavia, la complessità della loro gestione, derivante dall'elevato grado di automazione del servizio, potrebbe essere difficile da gestire in situazioni complesse. Il problema non risiede tanto nell'affidabilità dei servizi informatici di gestione quanto nell'imprevedibilità del "fattore umano" in situazioni di paura, panico e stress che si potrebbero verificare in eventi simili.

## CONSIDERAZIONI FINALI

### 6.3 Esercitazioni progettuali condotte con gli studenti

La fase di esercitazione progettuale descritta nelle pagine precedenti ha posto le basi per l'impostazione di questa seconda fase che ha visto il diretto coinvolgimento di studenti di tre facoltà di architettura: Università Iuav di Venezia, University of Melbourne e University of Nottingham.

I risultati ottenuti dagli studi precedenti, infatti, hanno permesso di avviare alcuni ragionamenti e spunti riguardo le implicazioni - tecniche ed architettoniche - che il cambiamento delle modalità di circolazione interna potrebbero comportare nella progettazione di un edificio alto. Dato tale obiettivo sono stati considerati edifici di differenti "forme", dimensioni e destinazioni d'uso, al fine di poter aprire un dibattito quanto più ampio possibile.

Il coinvolgimento degli studenti è avvenuto secondo modalità differenti. Gli studenti dello Iuav hanno partecipato ad un Laboratorio di Laurea Magistrale, mirato proprio ad approfondire il tema.

Gli studenti delle altre facoltà, invece, sono stati coinvolti attraverso il lancio di una Master Thesis Challenge attraverso i canali del CTBUH, interessato all'argomento dell'indagine.

Inoltre, interessati ad approfondire anche alcune riflessioni specifiche, due applicazioni progettuali (Paternoster 2.0 e Penthouse) sono stati sviluppati in autonomia. Gli studenti, durante tutte le fasi di progetto, sono stati affiancati e indirizzati da docenti di riferimento delle varie discipline coinvolte (progettazione architettonica, strutture, tecnologia dell'architettura) e da professionisti del settore degli edifici alti (strutturisti, consulenti di trasporto verticale, rappresentanti di aziende ascensoristiche). Questo intenso processo di confronto con esperti, che hanno saputo cogliere la potenzialità dei progetti avanzati dagli studenti, è stato un fattore determinante per lo sviluppo della ricerca.

Il punto di partenza, in particolar modo per i progetti svolti con gli studenti Iuav, è stato il sistema di circolazione. Insieme sono state analizzate le potenzialità di questa nuova modalità di muoversi nell'ambiente costruito, cercando di capire come questo potesse essere applicato ad un edificio ma non solo. I risultati della fase precedente di esercitazione hanno permesso di indirizzare gli studenti verso alcune riflessioni utili da sviluppare e approfondire, avviando in qualche modo il loro processo progettuale.

Gli studenti che hanno partecipato alla *Master Thesis Challenge* sono stati seguiti sul posto dai docenti delle proprie facoltà di riferimento ma è stato instaurato un confronto (via mail in remoto o attraverso conference call) per discutere gli stati di avanzamento e suggerire loro alcuni spunti di ragionamento e indicazioni progettuali. La diversità di studenti coinvolti si rispecchia nella non uniformità degli elaborati raccolti e che saranno presentati di seguito.

I progetti pervenuti al termine di questa "campagna" di sperimentazione progettuale sono estremamente vari e affrontano aspetti differenti della circolazione attraverso l'applicazione di sistemi di mobilità *roleless* e multidirezionale.

Alcuni progetti, in particolar modo quelli della Master Thesis Challenge, hanno talvolta estremizzato l'utilizzo della tecnologia ropeless, proponendo anche soluzioni di mobilità tridimensionali.

Di seguito vengono presentati i progetti condotti con gli studenti Iuav e una selezione di quelli che hanno partecipato alla Master Thesis Challenge; nello specifico sono stati selezionati quelli considerati più significativi. I primi due, Farmscraper e Twist, sono stati scelti perchè propongono un'applicazione dei sistemi ropeless consistente, a scala urbana.

Il progetto Timemachine, invece, è stato selezionato perchè ha sviluppato un concetto molto interessante e attuale. I sistemi ropeless vengono studiati come strumenti atti a dare maggiore autonomia alle persone anziane e/o con ridotta capacità motoria. La declinazione del dispositivo tecnico in tali termini ha portato a pensare ad interessanti applicazioni anche in ambito sanitario, come un ospedale, dove le cabine multidirezionali potrebbero essere paragonate ad una sorta di ambulanza interna della struttura che trasporta i pazienti da un punto all'altro dell'edificio, abolendo tutti i passaggi intermedi e garantendo un ambiente assolutamente sterile ed eventualmente attrezzato, pensando ad una cabina appositamente progettata.

Di seguito l'elenco dei docenti delle varie facoltà che hanno partecipato alla fase progettuale, guidando e revisionando i progetti degli studenti:

- Prof. Dario Trabucco, professore associato in Tecnologia dell'architettura;
- Prof. Marras, professore associato in Composizione architettonica;
- Prof.ssa Serena Maffioletti, professore ordinario in Progettazione architettonica e urbana;
- Prof. Paolo Foraboschi, professore associato in Tecnica delle costruzioni;
- Prof. Scott Drake, University of Melbourne
- Prof.ssa Fiona A. McLean, University of Melbourne;
- Prof. David Nicholson-Cole, Nottingham University.

Si riporta di seguito l'elenco degli studenti che hanno partecipato:

- Coaction Tower: Chiara Regina Grego, Sara Menardo e Valentina Vianello;
- Vertical City: Andrea Zanovello, Iuav;
- 3in1 Complex: Stefano Tonon, Iuav;
- 3hundred: Marina Toppan, Iuav;
- Paternoster 2.0 - Belmonte;
- Penthouse - Belmonte;
- Farmscape: Winki Ip, University of Melbourne;
- Twist: Yining Zhang, University of Melbourne;
- Time Machine: Zhenyu Li e Mohammed Alghafis, University of Nottingham.



### 6.2.1 Coaction Tower, Chicago - Grego, Menardo, Vianello (Iuav)

Il progetto consiste in una coppa di torri collegate in più punti da sky-bridge al cui interno si svolgono funzioni a servizio degli utenti del complesso. La Coaction Tower ospita appartamenti, un hotel e spazi pubblici come un *fitness center*, negozi, ristoranti, gallerie d'arte ed espositive e un terrazzo panoramico. In questo esercizio progettuale i sistemi di trasporto *rope-less* multifunzionali sono stati utilizzati per:

- sviluppare un sistema di trasporto complesso ma di minimo ingombro in termini di spazio. Le cabine a servizio delle diverse funzioni ospitate nella torre devono viaggiare lungo lo stesso circuito, al fine di ridurre al massimo lo spazio occupato dall'impianto di sollevamento a favore degli spazi serviti di progetto;
- studiare come integrare la componente di spostamento orizzontale rendendola parte integrante del progetto architettonico.

L'area di progetto si trova a Chicago, nello specifico, nell'area precedentemente destinata alla realizzazione della Chicago Spire di Calatrava. Il progetto è stato temporaneamente abbandonato e del cantiere rimane solo il foro tondo che avrebbe ospitato il core centrale della torre, contenente tutti gli elementi di servizio. Le studentesse decidono di includere tale pre-esistenza nel proprio progetto per creare, al suo interno, una sala per concerti, coperta poi da un edificio quasi interamente vetrato e polifunzionale. Da una analisi del tessuto urbano circostante e dei servizi presenti, per valutare le esigenze e le richieste dell'area, le studentesse hanno poi deciso di prevedere spazi abitativi intesi come

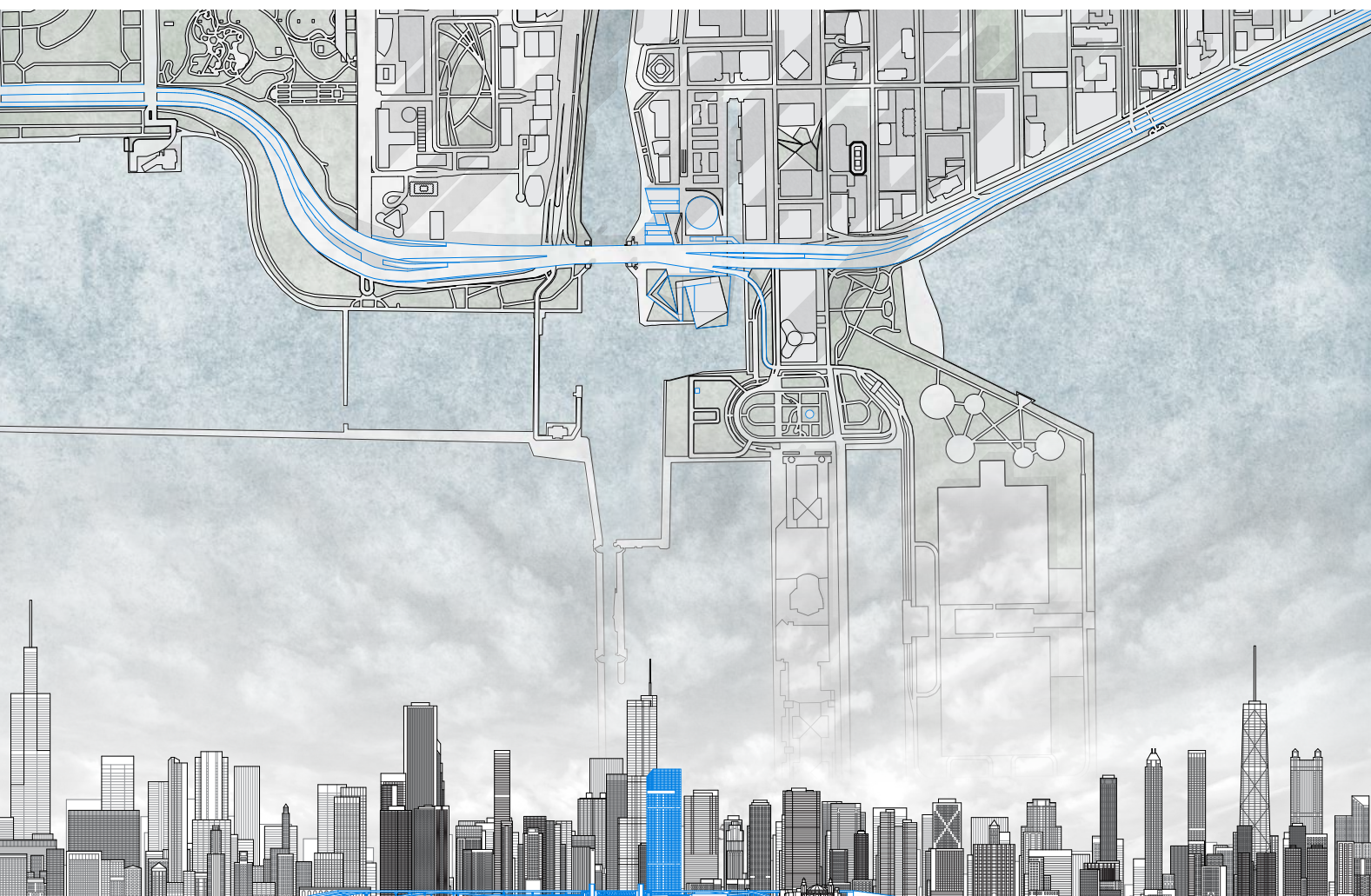
### OBIETTIVO DI PROGETTO

*pagina precedente*

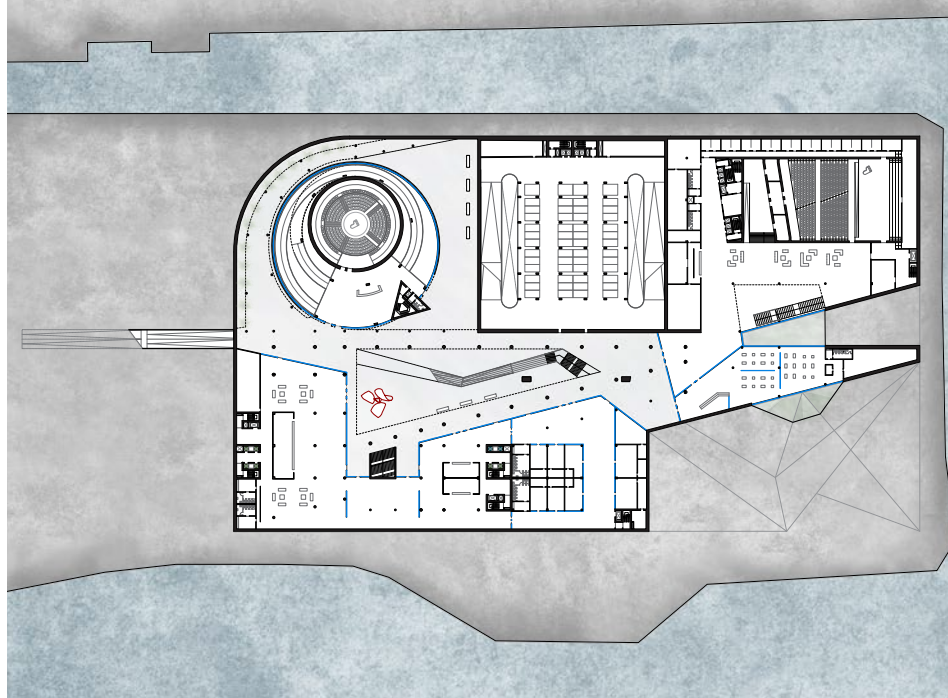
**Figura 1:** Immagine rappresentativa del progetto dove una delle due torri è rappresentata in sezione e l'altra in prospetto. In leggera trasparenza, di colore azzurro, sono segnalate le tracce del sistema di trasporto *rope-less* multidirezionale che, come si può vedere, è concepito come un unico circuito a servizio di entrambe le torri.

### AREA DI PROGETTO

**Figura 2:** Area di progetto e profilo urbano della Coaction Tower inserita nel contesto di riferimento, l'intervento progettuale è individuato in colore blu.



**Figura 3:** Studio dello schema distributivo del piano interrato: 1. Torre 1 (quella più alta di sinistra); 2. Torre 2; 3. Spazi commerciali; 4. Auditorium; 5. Parcheggi; 6. Concert Hall realizzata all'interno delle fondazioni del service core della Chicago Spire di Calatrava rimasta incompiuta.



hotel e residenze. Facendo sempre riferimento al contesto e, in generale, alla tradizione costruttiva della città, hanno optato per la realizzazione di due torri connesse tra loro in tre punti tramite collegamenti in quota.

## DESCRIZIONE

Il progetto si compone quindi di un edificio pubblico, destinato ad accogliere performance musicali, e un complesso di due torri che ospitano un hotel, residenze e, a loro volta, spazi pubblici.

Come si può vedere nelle illustrazioni riportate, le due torri sono state progettate ed organizzate come un edificio unico. Osservando la sezione sono individuabili tre fasce distinte e separate dai tre sky-bridge che collegano le torri.

La parte basamentale vede, nella torre più alta, l'hotel costituito da stanze e piccoli appartamenti per soggiorni medio lunghi. Dall'altra torre, invece, si accede alle residenze che si sviluppano poi, nelle fasce successive, su entrambe le torri. Gli sky-bridge, invece, ospitano servizi destinati sia agli inquilini del complesso sia agli esterni.

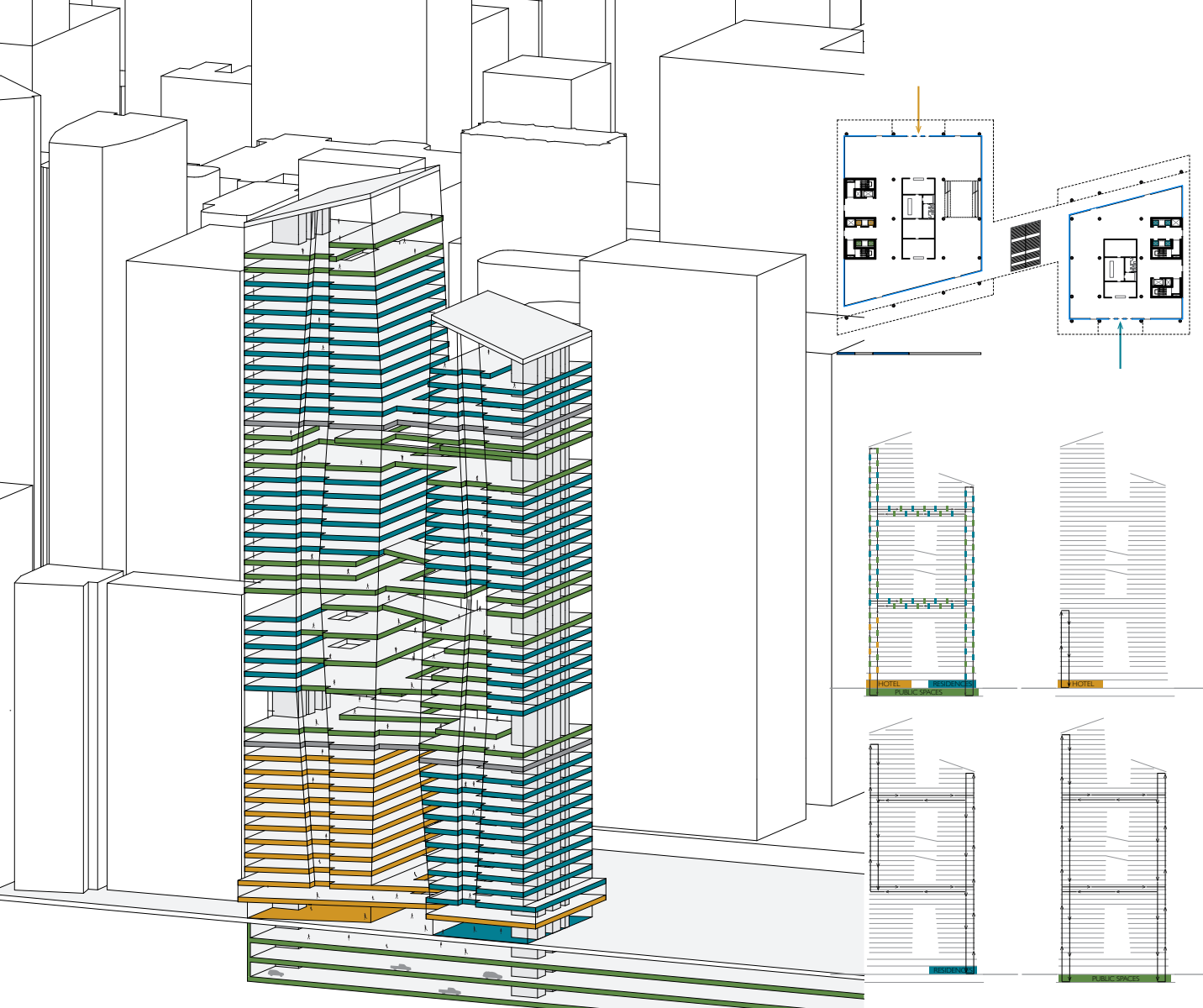
## PROGETTO DI CIRCOLAZIONE

Questa complessità compositiva è stata resa possibile dall'applicazione di sistemi convenzionali di trasporto verticale affiancati ad ascensori rope-less. I nuovi dispositivi hanno portato due grandi vantaggi:

- Le cabine possono muoversi sia verticalmente sia orizzontalmente. Questo ha reso possibile collocare l'ingresso alla porzione residenziale di entrambe le torri solo alla base di una delle due. Sono poi le cabine che permettono ai passeggeri di raggiungere tutti i livelli, siano essi su una o sull'altra torre.
- Più cabine possono circolare lungo lo stesso shaft. Questo ha permesso, da un lato, di diminuire le dimensioni del core e del numero di shaft e, dall'altro, di mescolare i flussi destinati a servire funzioni differenti all'interno dello stesso vano di corsa, come la sezione esemplificata.
- L'analisi del funzionamento del sistema di trasporto fa ben capire.

La progettazione del sistema di accesso alle due torri è, quindi, la chiave del funzionamento dell'interno edificio. Come si vede dalle figure, nei due core delle due torri, coesistono ascensori convenzionali,





utilizzati principalmente per servizi specifici e di servizio e in caso di emergenza, e ascensori rope-less cui viene affidata l'intera circolazione del complesso.

I vani di corsa che ospitano i sistemi rope-less sono sempre composti da almeno due linee di movimento affiancate: una per la fase di carico e salita e una per la fase di scarico e discesa. In corrispondenza di ogni piano, inoltre, è presente un elemento di scambio che permette alla cabina di passare da una linea all'altra. Questo non solo per far scendere eventuali passeggeri ma anche per rendere più efficiente il servizio. Una volta conclusa la prima chiamata, la cabina può registrarne una seconda e muoversi, nel modo più rapido ed efficiente possibile, verso la seconda, sia essa verso il basso o l'alto rispetto al punto in cui si trova.

Come anticipato, la circolazione è stata poi ulteriormente organizzata in sottogruppi a seconda della funzione che viene assegnata alla cabina specifica. Le studentesse, basandosi su calcoli e modelli di flusso convenzionali, hanno cercato di dimensionare il sistema di trasporto all'interno del loro edificio, in modo da individuare per lo meno il numero minimo di cabine necessarie per il corretto funzionamento del progetto. Grazie alla presenza dei sistemi rope-less, e quindi di un

**Figura 4:** (sx) Rappresentazione assonometrica dell'edificio dove vengono indicati, in colorazioni differenti, le funzioni ospitate dai vari livelli. L'immagine rispecchia in modo chiaro ed efficace la complessità dell'edificio e, di conseguenza, le problematiche di gestione della circolazione interna.

Sulla destra la pianta al piano terra delle due torri, dove si vedono le due lobby di accesso. Sulla torre di sinistra la Lobby dell'Hotel, da un lato, e quella per accedere agli spazi pubblici collocati all'interno degli sky-bridge che collegano le due torri. Sulla destra la Lobby delle residenze.

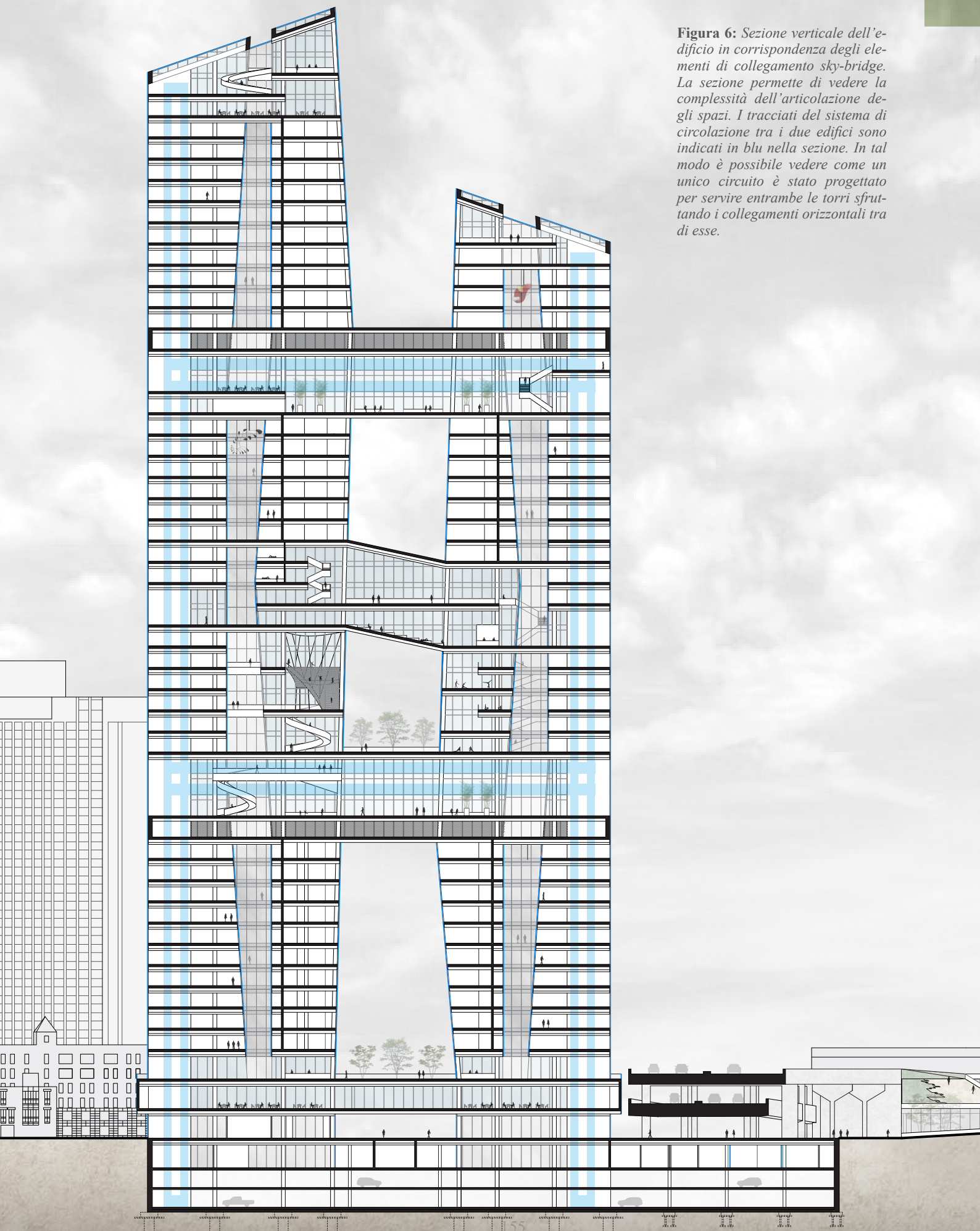
Le rappresentazioni schematiche degli edifici in sezione mostrano il funzionamento del sistema di trasporto interno concepito affinché lungo gli stessi tracciati possano viaggiare sia le cabine dell'hotel (in colore giallo) fino dove concesso loro, le cabine che servono i piani delle residenze (in colore blu) e quelle dedicate agli spazi pubblici (in verde).

maggior numero di cabine che possono condividere lo stesso vano di corsa, lo spazio necessario è stato ulteriormente ridotto, portando alla definizione dei core come da progetto. Particolare attenzione, inoltre, è stata data alle zone prospicienti le cabine, in modo che ne sia chiaro l'utilizzo e il funzionamento. Segnali luminosi ed indicazioni chiariscono agli utenti la distinzione tra le due linee e come utilizzarle, sulla base delle proprie esigenze.

**Figura 5:** Piani tipo dei livelli dedicati alle residenze. Sopra un esempio di livello misto dove, allo stesso piano, ci sono sia residenze che spazi pubblici. I vani di servizio sono divisi così come gli spazi di pertinenza delle due funzioni. Sotto un piano di sole residenze, dove sono stati sviluppati appartamenti di diverso taglio.

Per collegare le due torri, i sistemi di trasporto viaggiano all'interno degli sky-bridge che, a loro volta, ospitano servizi vari, concepiti sia per gli inquilini che per pubblico esterno. La distinzione dei flussi per raggiungere queste aree è fondamentale per il funzionamento e la sicurezza del complesso. La prima distinzione avviene già al piano terra, e





**Figura 6:** Sezione verticale dell'edificio in corrispondenza degli elementi di collegamento sky-bridge. La sezione permette di vedere la complessità dell'articolazione degli spazi. I tracciati del sistema di circolazione tra i due edifici sono indicati in blu nella sezione. In tal modo è possibile vedere come un unico circuito è stato progettato per servire entrambe le torri sfruttando i collegamenti orizzontali tra di esse.

*pagina seguente*

**Figura 7:** (sopra) Vista dall'interno dello sky-bridge riportato in pianta. Come si può vedere il tratto orizzontale di ascensori ha una configurazione schiena in comune e si articola su due livelli sovrapposti, permettendo alle cabine di muoversi in entrambe le direzioni. I passeggeri, da un lato possono vedere quello che accade all'interno dello sky-bridge, dall'altro lato possono godere di una vista panoramica della città di Chicago, essendo la linea affiancata alla facciata dell'edificio.

**Figura 8:** (sotto) Vista dall'interno di uno dei due sky-bridge che collegano le torri. In questo caso l'impianto rope-less è collocato centralmente rispetto allo spazio del tunnel, permettendo ai passeggeri di vedere quello che accade all'interno e alle persone e viceversa.

ai piani garage, individuando uno specifico punto di accesso e un core dedicato per chi entra nell'edificio per le attività dei bridge. In tal modo, i flussi privato e pubblico non si potranno mai mescolare.

I ponti, come si vede dalle sezioni dell'edificio, sono a doppia o tripla altezza, creando così anche spazi complessi e versatili. Inoltre, tali altezze sono necessarie per permettere il passaggio delle cabine lungo il tracciato orizzontale che collega i core delle rispettive torri. Come i disegni degli interni mostrano chiaramente, le cabine viaggiano sospese dal solaio superiore, permettendo il passaggio ininterrotto delle persone al di sotto e non interrompendo quindi la continuità dello spazio, anzi arricchendolo. Le persone all'interno delle cabine possono osservare ciò che succede all'interno dei bridge grazie all'installazione su una delle pareti della cabina di un dispositivo speciale. Si tratta di un vetro che può opacizzarsi o diventare trasparente a seconda delle esigenze. Lungo il tracciato orizzontale rimane trasparente, mentre invece non appena la cabina riprende il moto verticale, all'interno del vano di corsa, torna ad essere uno schermo opaco, evitando malesseri per i passeggeri.

Le cabine corrono quindi lungo un tunnel composto da una T rovesciata che ospita quindi una coppia di linee trasporto sovrapposte per ogni lato della T e che si muovono in due direzioni differenti. La T rovesciata viene poi chiusa a creare un vero e proprio tunnel da una parete vetrata. L'inserire le cabine all'interno di uno spazio chiuso è stata una scelta fondamentale per assicurare la sicurezza sia delle persone nella cabina sia di quelle che usufruiscono dello spazio circostante. Inoltre, in tal modo, in caso di necessità la cabina può essere raggiunta da una cabina di intervento che la aggancia per spingerla o trainarla in un'area sicura di intervento. Queste aree sono previste in corrispondenza dei piani tecnici dell'edificio dove, inoltre, le cabine restano parcheggiate in attesa di entrare nel circuito o dove viene fatta la manutenzione necessaria.

Il sistema di trasporto diventa quindi una vera e propria esperienza. Le studentesse ritengono poi necessario che un sistema di comunicazione interattivo sia installato all'interno della cabina, in modo da far capire al passeggero, non ancora abituato a questo nuovo sistema, come si sta muovendo all'interno dell'edificio e in che punto si trova.

Utilizzando il QR code di lato è possibile vedere un video creato dalle studentesse che rappresenta il sistema di circolazione all'interno delle Coaction Towers ([https://youtu.be/gkMSGan\\_4mw](https://youtu.be/gkMSGan_4mw))







## 6.2.2 Vertical City, Milano - Zanovello (Iuav)

In questo progetto, lo studente si è concentrato sulla possibilità di far coesistere un sistema di distribuzione privato, come quello dedicato alla parte residenziale dell'edificio, con quello pubblico, progettato invece per la sezione centrale destinata ad un centro commerciale e ricreativo.

Questo obiettivo è stato perseguito tramite l'applicazione del sistema di trasporto rope-less ed una attenta progettazione della lobby di accesso e dell'area di sbarco ai piani. La circolazione pubblica, in questo caso, viene intesa come una rete di trasporto urbano a fermate fisse e orari programmati, simile quindi ad un trasporto su bus, metro o treno. Le cabine viaggiano lungo lo stesso circuito rispettando gli orari e le fermate. L'impianto di servizio privato, invece, è concepito in modo convenzionale.

L'edificio si colloca in zona Porta Garibaldi a Milano. L'area è, dal 2018, soggetta ad una consistente fase di riqualificazione urbana, parte di questa strategia ha visto la predilezione per edifici alti, non eccessivamente dato il contesto urbano milanese, destinati ad ospitare residenze ed uffici. Ognuno di questi edifici possiede una caratteristica formale peculiare che lo identifica come momento specifico all'interno di un discorso più ampio e complesso. Anche nel caso del progetto in questione, lo studente ha voluto dare una caratterizzazione formale all'edificio che si presenta come un portale residenziale sotto al quale si articolano

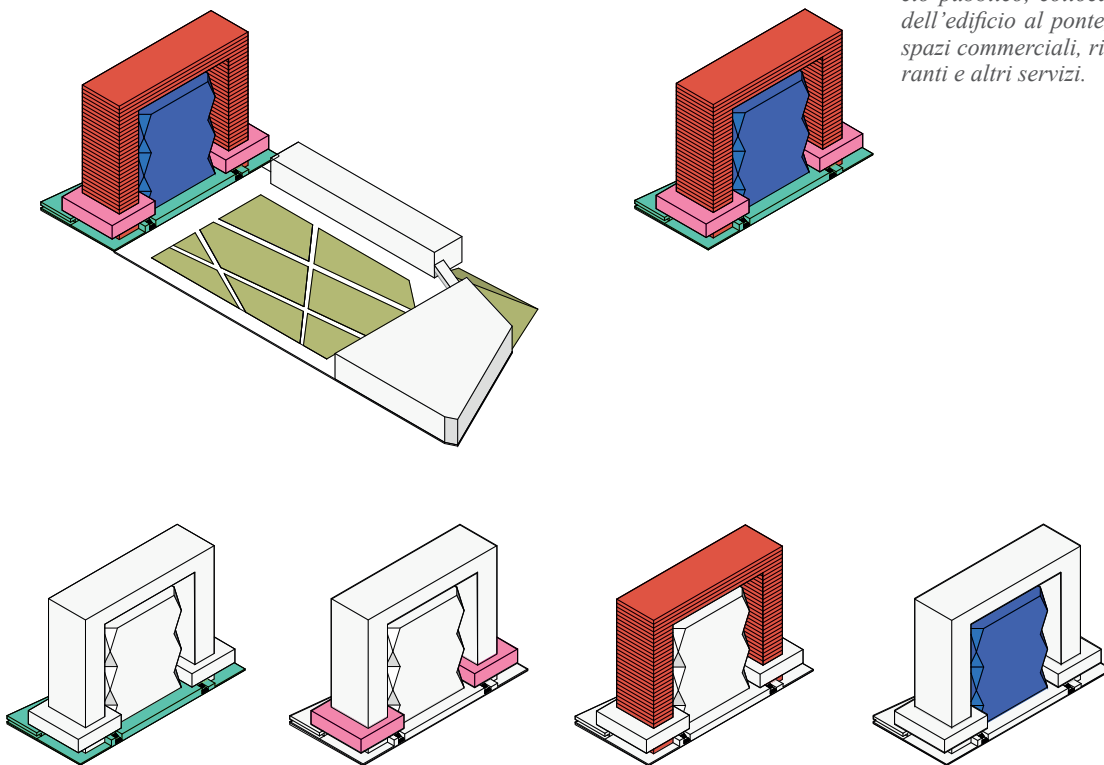
### OBIETTIVO DI PROGETTO

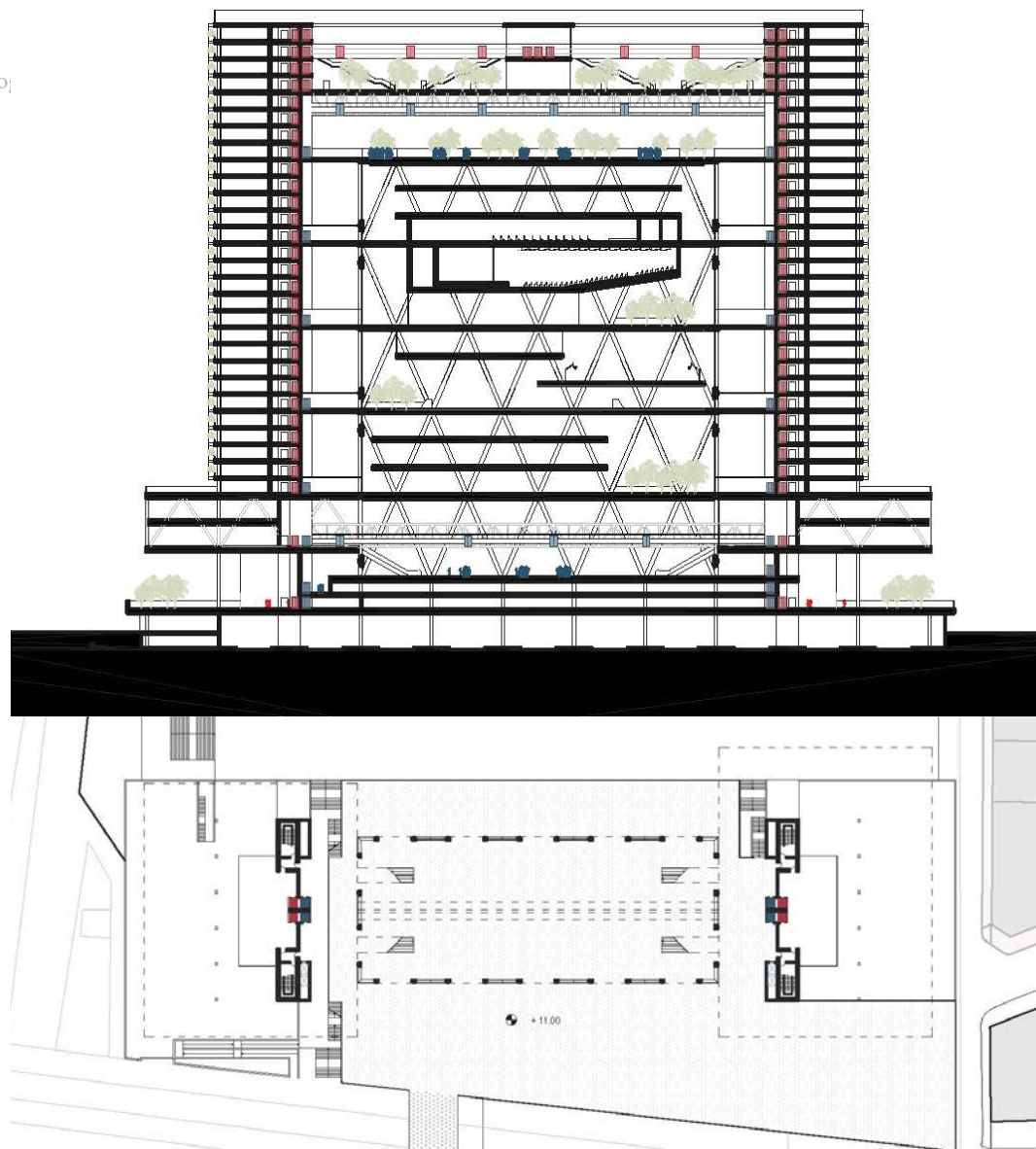
*pagina precedente*

**Figura 1:** Area di progetto e fotoinserimento dell'edificio Vertical City. L'area interessata si trova a Milano, in zona Porta Garibaldi, vicino a Palazzo Lombardia.

### AREA DI PROGETTO

**Figura 2:** Schema rappresentativo degli elementi volumetrici che compongono il progetto. I diversi colori rappresentano le diverse funzioni contenute nei volumi. Procedendo da sinistra: 1. piano interrato di parcheggio, sia pubblico che privato; 2. Basamento al cui interno si trovano le lobby di accesso agli spazi privati e pubblici, organizzate su due livelli differenti; 3. Edificio residenziale con una configurazione a portale; 4. Edificio pubblico, collocato al di sotto dell'edificio al ponte, che contiene spazi commerciali, ricreativi, ristoranti e altri servizi.





funzioni varie, pensate per incrementare la qualità del quartiere circostante.

Collocato esattamente al di sopra dei binari della stazione di Porta Garibaldi è stato necessario prevedere un nuovo piano zero. Esso ha coperto parzialmente i binari e ha creato un nuovo livello di partenza dell'edificio.

Al di sopra di questo livello, il progetto prevede un vero e proprio piano, destinato a parcheggi e garage, che funge anche da filtro tra l'edificio sovrastante e la porzione di città posta al di sotto.

Un'analisi dell'area ha rivelato una carenza di residenze e spazi in cui socializzare, esigenze a cui il progetto si pone di dare risposta.

## DESCRIZIONE

Il progetto si compone quindi di due elementi:

- Un edificio a ponte che ospita appartamenti di varie dimensioni;
- Un edificio centrale, al di sotto del ponte, al cui interno si possono prevedere funzioni di diverso tipo: aree commerciali, spazi per lo sport e la socializzazione, sezione amministrativa. Si tratta di uno spazio versatile che potrebbe anche subire modificazioni nel tempo.

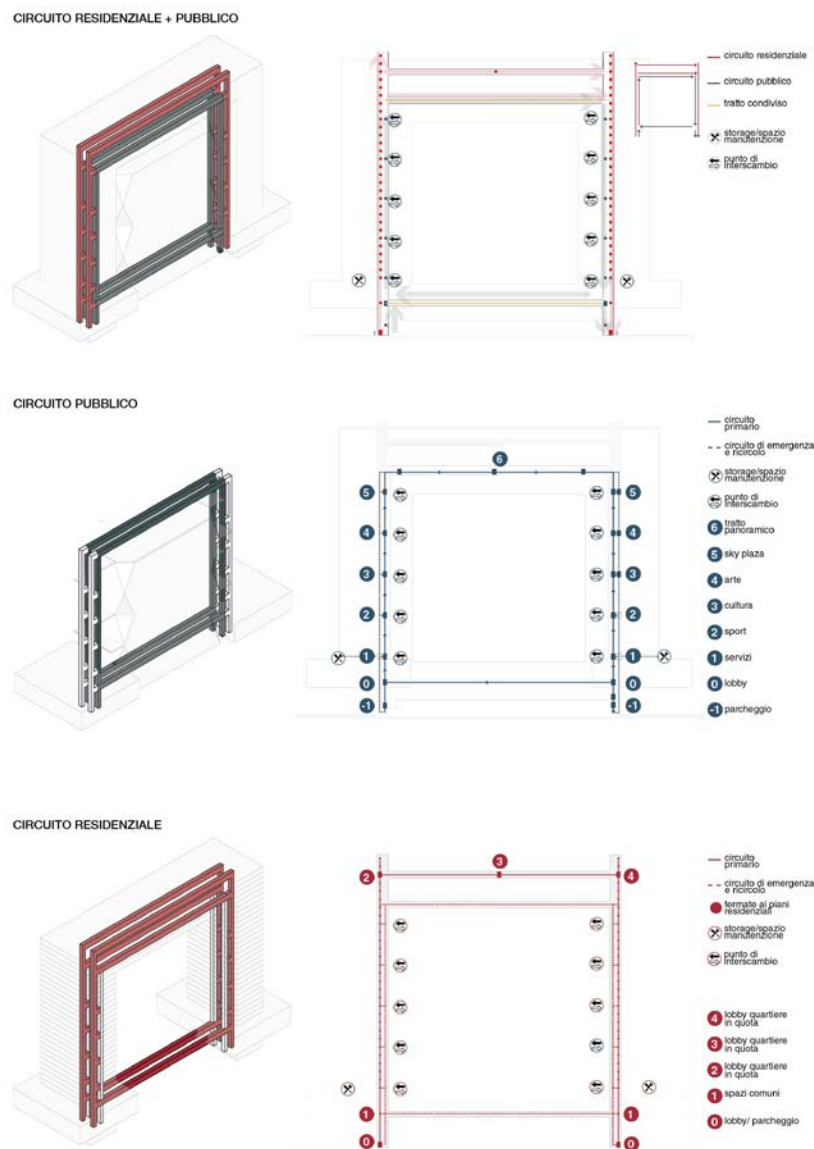
L'intero complesso è poi collocato al di sopra di un basamento comune che ospita, a sua volta, aree ristorante al servizio dell'intero quartiere.



La porzione di edificio dedicata alle attività pubblica non tocca il suolo ma rimane sopraelevata creando una piazza coperta, che ricorda quella della Hong Kong Shanghai Bank. Come nel progetto di Foster, anche lo spazio coperto di questa piazza può essere utilizzato dagli utenti per sostare all'ombra o attrezzato per eventi temporanei come mercati, festival o altro.

Il basamento, come si vedrà in seguito, permette anche una organizzazione del sistema di accessi su più livelli, rendendo quindi il sistema di circolazione efficiente.

Ponendo ora l'attenzione sulla porzione di edificio dedicata alle residenze, come le immagini aiutano a chiarire, si potrebbe dire che essa sia in realtà composta da due torri laterali, organizzate in modo uguale, ed un elemento orizzontale al cui interno lo studente ha voluto proporre un sistema di residenze a ballatoio, creando anche delle aree verdi condominiali. Il funzionamento e l'articolazione di tutti i vari spazi sarà chiarito mano a mano che il progetto del sistema di trasporto



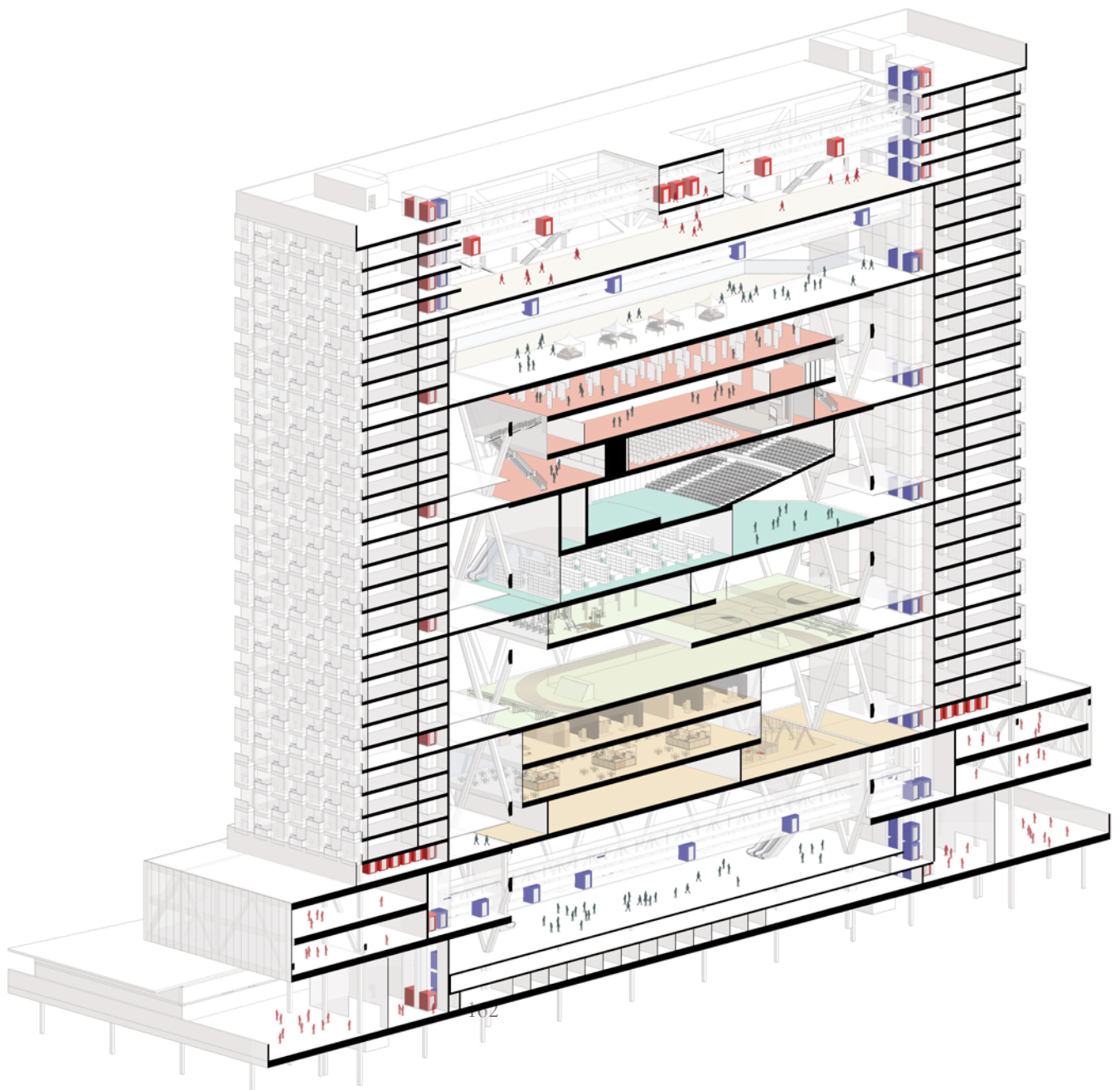
**Figura 4:** Rappresentazione assonometrica dei due circuiti principali che servono l'edificio. La figura più in alto li raggruppa entrambi, mentre le due inferiori li rappresentano singolarmente. A destra le specifiche riguardo i possibili piani di scambio o di fermata e i relativi servizi raggiungibili.

verrà presentato, essendo esso l'elemento guida del progetto. L'elemento che tiene insieme questi due edifici, dalle forme e dalle funzioni distinte, è proprio il sistema di circolazione interna. Esso, come si vede dai disegni, è proprio il punto di incontro tra i due edifici.

## PROGETTO DI CIRCOLAZIONE

**Figura 5:** Rappresentazione assonometrica della sezione dell'edificio per mostrare i tracciati del servizio progettato. In blu le cabine che servono lo spazio pubblico e in rosso quelle private, che conducono ai piani delle residenze. La sezione permette di vedere chiaramente anche i tratti orizzontali di scambio collocati alla base e in sommità dei circuiti.

Prima di poter procedere alla presentazione del sistema di trasporto finale occorre fare una breve premessa. Questa Vertical City, così come una qualsiasi città, presenta un sistema di trasporto pubblico urbano, inteso e progettato come tale. Le cabine, rope-less e multidirezionali, si muovono lungo tracciati prestabiliti lungo un circuito costituito da fermate predeterminate e, per questo motivo, seguendo una tabella oraria. Così come nel caso di una rete di distribuzione pubblica, anche in questo edificio ci sono più cabine che seguono il medesimo tragitto a scarti di tempo prestabiliti, in modo da assicurare un servizio efficiente durante l'intero arco della giornata. Tuttavia, a differenza dei sistemi urbani, non esiste una vera e propria fermata di capolinea in cui la metro, il bus o il tram invertono la propria direzione di modo. In Vertical City, il tragitto è stato realizzato come un vero e proprio circuito circolare,



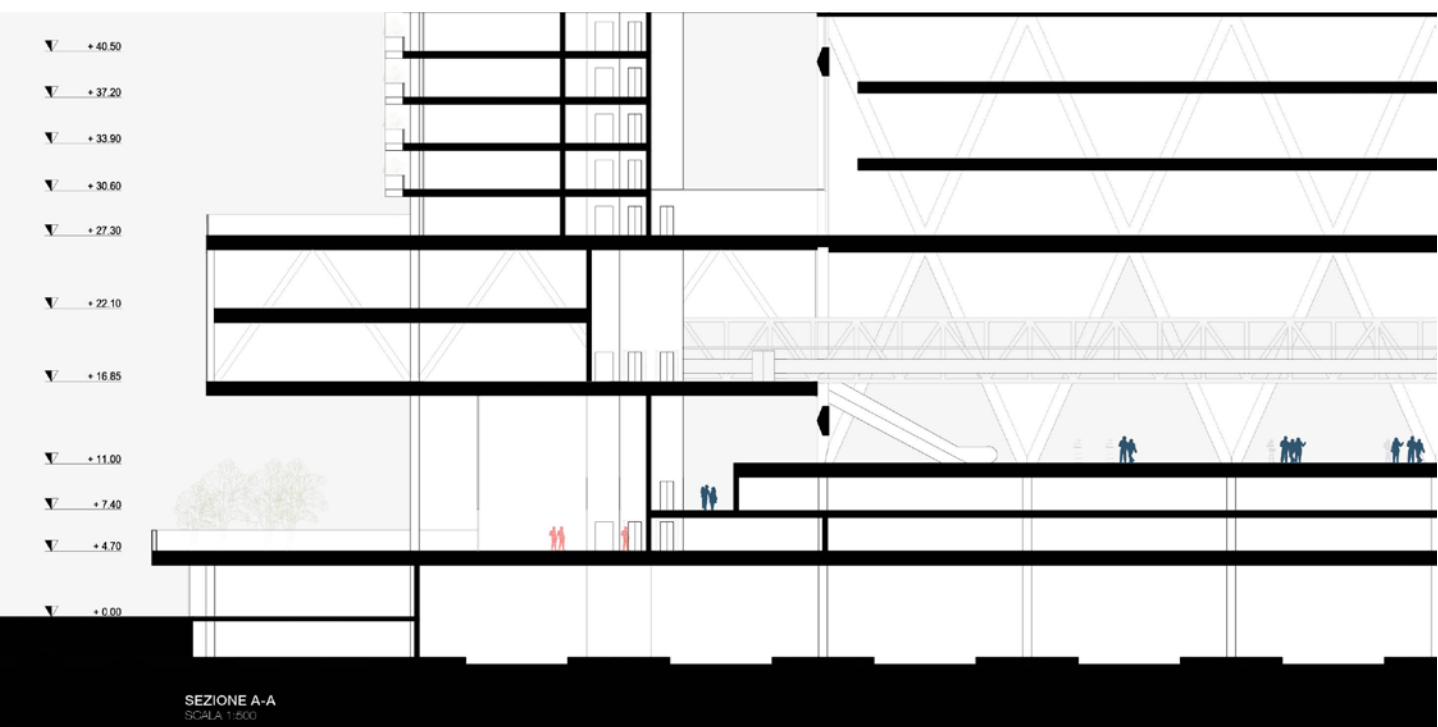
lungo il quale le cabine mantengono la stessa direzione di marcia. Per muoversi nella direzione inversa, i passeggeri dovranno utilizzare il circuito di cabine destinato al moto in direzione contraria. Così facendo, il servizio è garantito in modo costante in entrambe le direzioni. Le fermate, come si vedrà, coincidono, cambia solo “il lato” del core.

Oltre a questo, il sistema di trasporto pubblico dell’edificio condivide le stesse linee di distribuzione con le cabine destinate al servizio privato. Così come autobus e tram viaggiano lungo strade percorse anche dai veicoli privati. Continuando a prendere ad esempio il sistema di trasporto urbano, le linee di trasporto dell’edificio e quindi la conformazione del core, sono concepiti per permettere alle cabine private di superare quelle pubbliche in alcuni punti, prevedendo quindi un sistema di due linee di guida e dei punti di scambio.

Come i disegni spiegano chiaramente, il progetto finale prevede l’abbinamento di due circuiti identici, sostenuti da un sistema strutturale reticolare comune. La reticolare viene anche utilizzata da operatori specializzati per intervenire in caso di necessità o manutenzione sia sull’impianto in generale sia su di una specifica cabina. La cabina, tramite un’apertura apribile solo da personale specializzato, può permettere ai passeggeri di raggiungere la reticolare, che diventa quindi anche una via di fuga. I due circuiti contengono cabine che si muovono in direzioni opposte, in modo da assicurare il servizio in entrambe le direzioni e creando un sistema di salita e uno di discesa in entrambi i versi. I punti critici di questo progetto di circolazione sono stati: la lobby di ingresso, i piani di carico e scarico e i tragitti orizzontali.

Per quanto riguarda la lobby, lo studente ha deciso di distinguere spazialmente i due punti di accesso per le residenze e per la parte pubblica.

**Figura 6:** Sezione in corrispondenza dei piani inferiori dell’edificio in cui si vede l’articolazione su due lati e due piani differenti degli accessi, riportati poi schematicamente in assonometria nelle figure sopra. La lobby di ingresso alle residenze, identificata dal colore rosso, sulla sinistra e al livello inferiore. L’accesso alle cabine di trasporto pubblico, in blu, sono collocate sul lato opposto e raggiungibile tramite le scale mobili.



**Figura 7:** *Esploso assonometrico dell'edificio per mostrare l'articolazione del sistema rope-less multidirezionale adottato. In rosso le cabine di trasporto privato, dedicate alle residenze, e in blu quelle di servizio pubblico.*

*pagine seguenti*

**Figura 8:** *I disegni riguardano il progetto degli ultimi piani di entrambi i volumi che compongono gli edifici. Gli ultimi livelli, quelli che costituiscono il tratto orizzontale del volume a ponte, ospitano residenze. Esse sono raggiungibili grazie alle cabine che si spostano lungo il tratto orizzontale del circuito. Esse permettono la salita e discesa dei passeggeri in tre punti, come si vede nelle piante. L'ultimo livello dello spazio commerciale, invece, è una terrazza pubblica panoramica, resa accessibile dalle due fermate agli estremi del servizio di trasporto pubblico. Il tratto orizzontale del trasporto pubblico, invece, è inteso come un'attrazione che permette una vista panoramica della città di Milano.*

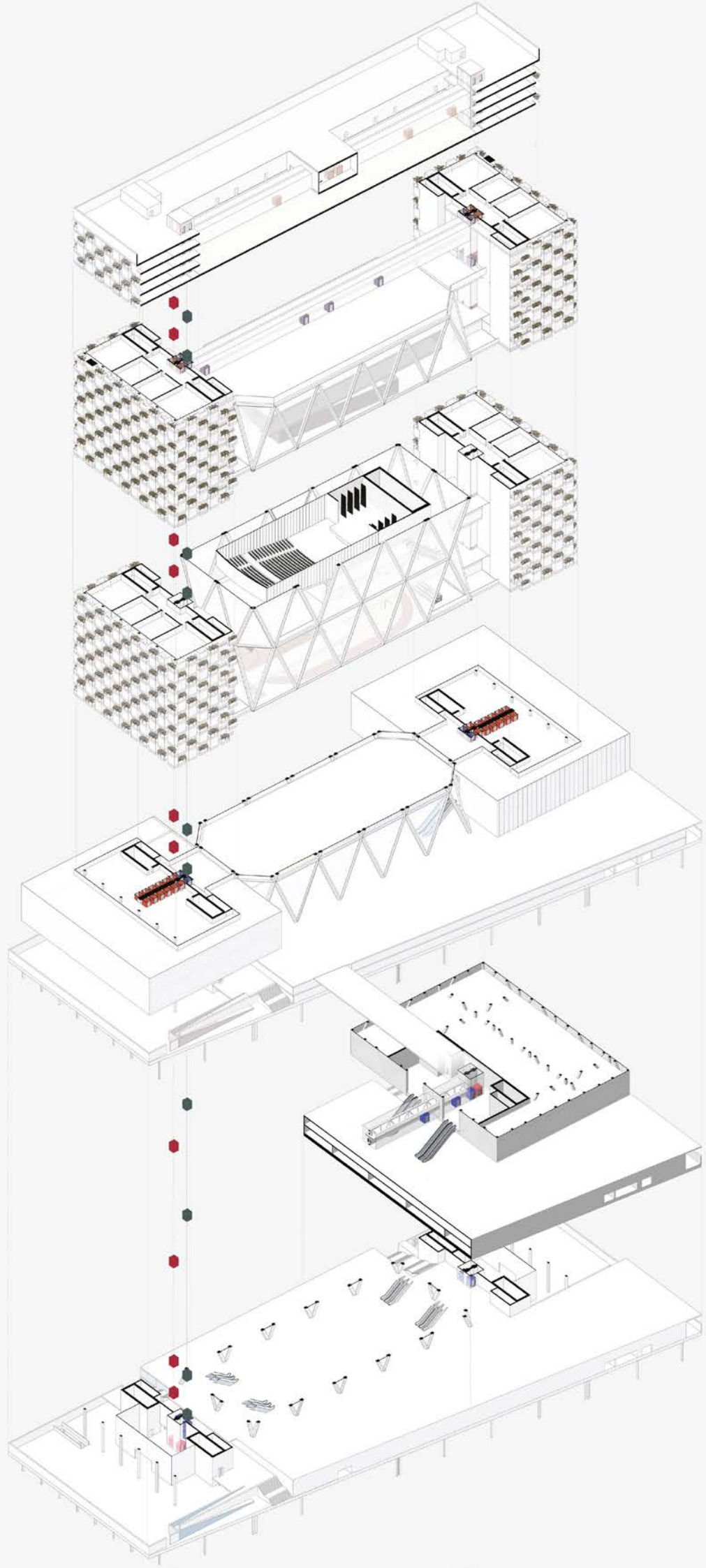
Essi sono praticamente opposti e su livelli differenti, come si vede dagli schemi presentati. La lobby per il sistema di trasporto pubblico si trova ad un piano rialzato rispetto a quella privata e, per questo motivo, sono state inserite scale mobili.

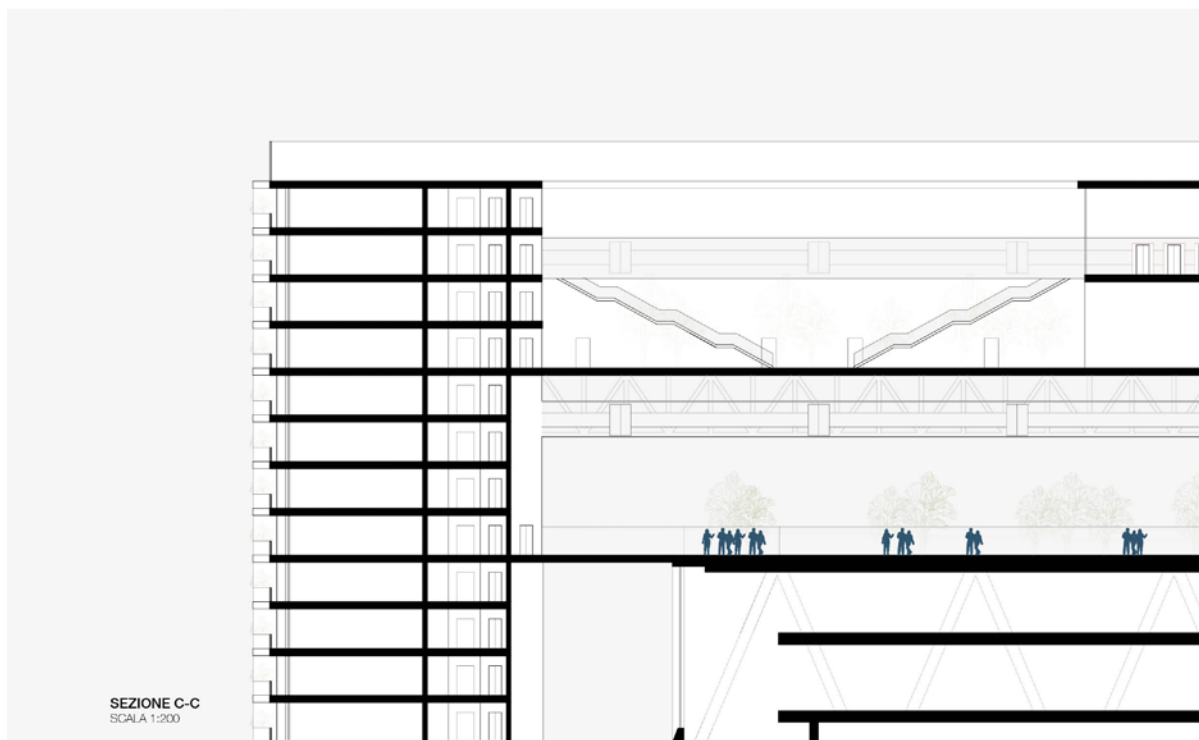
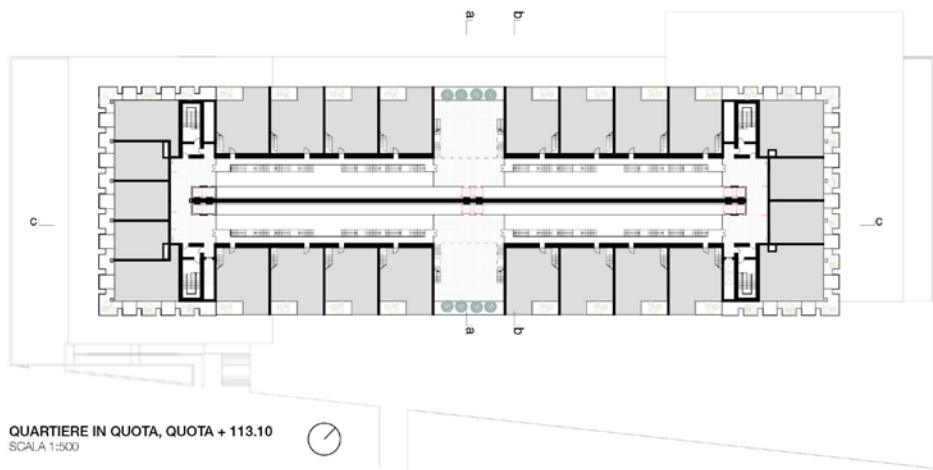
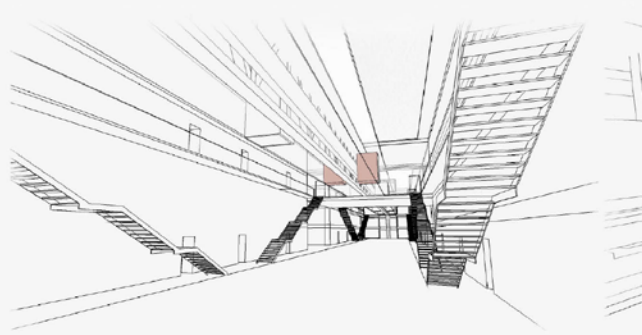
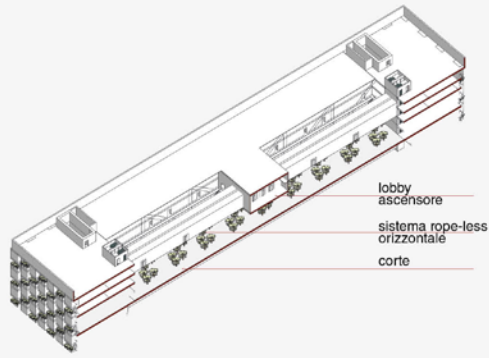
Una volta entrate nel circuito, le cabine viaggiano lungo le due linee affiancate e, grazie alla presenza di elementi di scambio, la cabina privata può, se necessario, superare quella pubblica. Il sistema privato ha sempre la precedenza su quello pubblico.

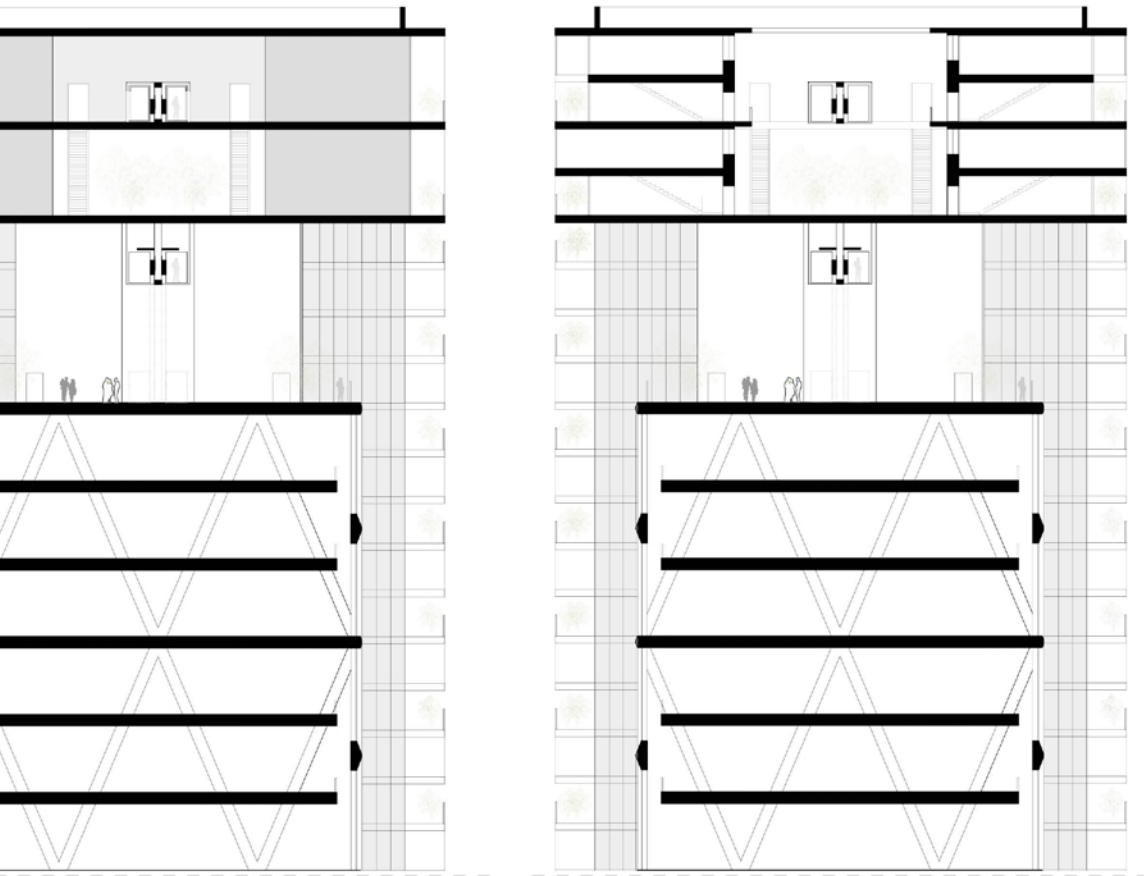
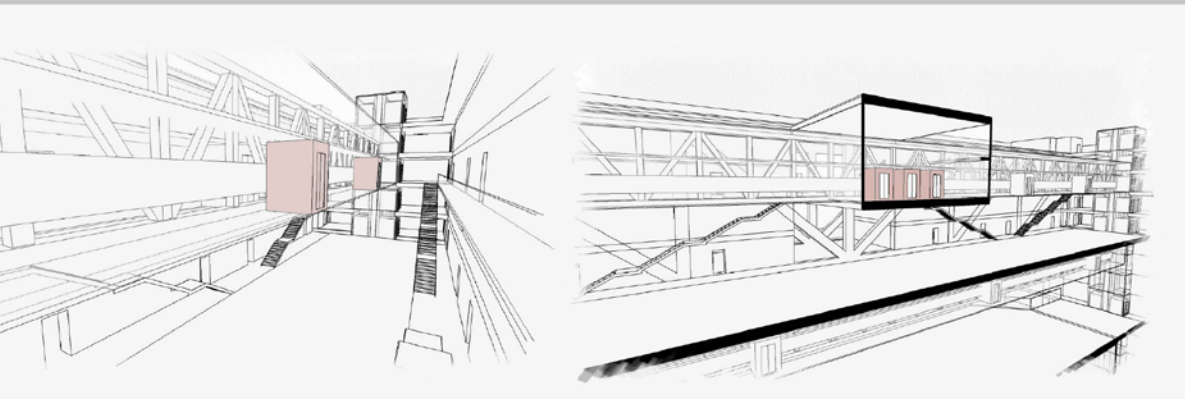
Al piano, come si vede dalle piante riportate, le due linee sono nettamente separate da un setto che distingue anche l'area di pertinenza delle residenze da quella pubblica. In tal modo, il servizio privato può effettuare un servizio local a tutti i livelli. Gli abitanti dovranno scegliere la cabina da utilizzare a seconda della direzione del moto. Inoltre, le cabine private, sono provviste di un sistema di riconoscimento badge che permette ai passeggeri di inserirsi nel sistema pubblico e di raggiungere le fermate di servizio. Una volta raggiunta la fermata la cabina non accoglierà altri passeggeri, questo tramite un sistema di controllo e di comunicazione, chiuderà le porte e si reimmetterà nel circuito privato in modo del tutto automatico.

Per quanto riguarda i collegamenti orizzontali, lo studente ha inserito due livelli differenti che si vedono anche nelle sezioni esemplificative e nei prospetti di progetto. Una linea, quella più bassa, è destinata esclusivamente alle cabine di trasporto pubblico. Diventa comunque un punto di attrazione perché permette ai passeggeri all'interno di godere del panorama circostante. Una seconda linea, quella più alta tra le due, è invece riservata al trasporto privato e serve direttamente la porzione orizzontale superiore del sistema ad arco. Come si vede nei disegni, questa parte di progetto è concepita come un edificio a corte, attorno alla quale gli appartamenti sono serviti da un sistema a ballatoio. La corte centrale, verde, è poi attraversata dal sistema di comunicazione ed è scandita da delle torrette che rappresentano appunto il luogo di arrivo e partenza del sistema di circolazione. Raggiunti tali punti, i passeggeri possono poi recarsi alle proprie abitazioni. Il numero e la distanza tra le torrette sono stati ottimizzati in modo da ridurre gli spazi da percorrere per gli abitanti.

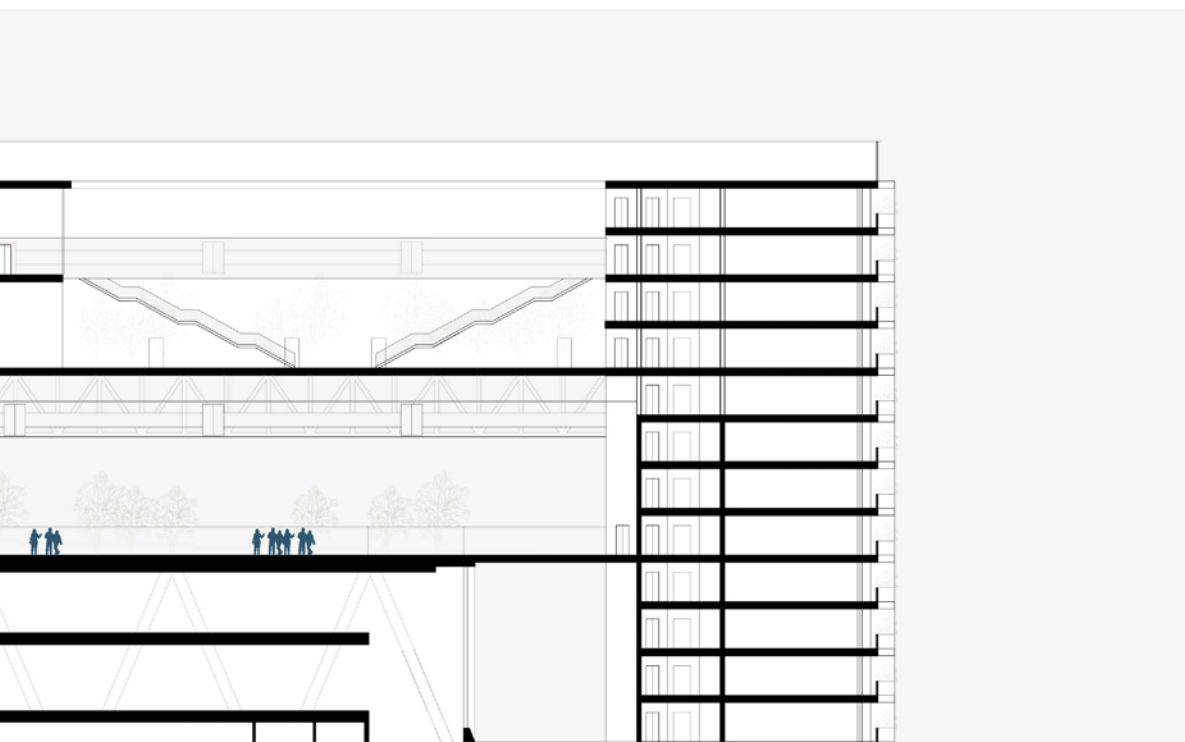
Vista la complessità del sistema di circolazione e il fatto che questo abbia permesso di far coesistere in modo così ravvicinato spazi pubblici e privati, lo studente ha inteso questo edificio come un modello insediativo per una città ad alta densità, una specie di quartiere verticale autosufficiente.







SEZIONE A-A  
SCALA 1:200



- Project Area
- 1 Unicredit Tower
- 2 Solaria Tower
- 3 Bosco Verticale
- 4 Varesine B Tower
- 5 Garibaldi Station



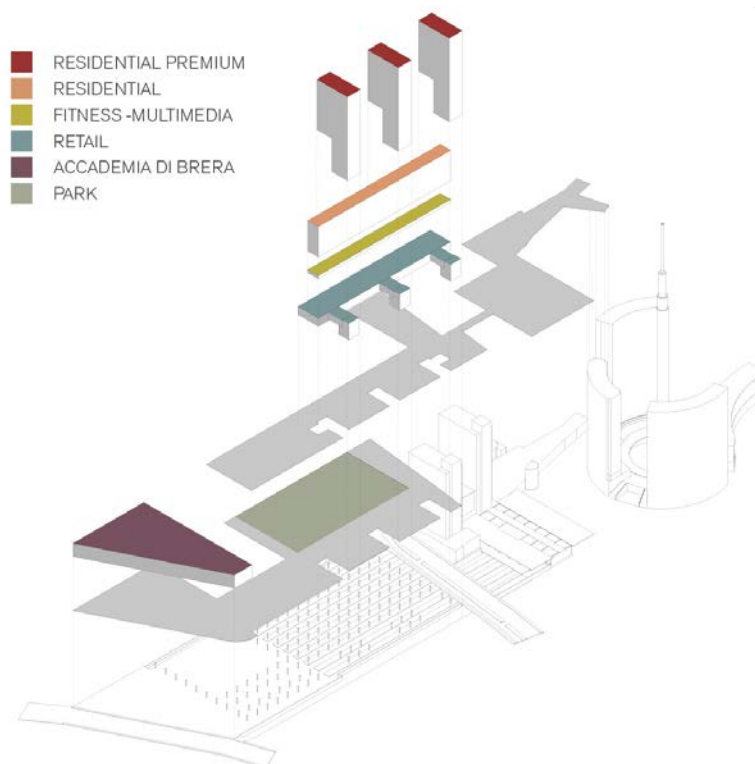


### 6.2.3 3in1 Complex, Milano - Tonello (Iuav)

In questo progetto lo studente si è focalizzato sullo studio degli innovativi sistemi rope-less per presentare una strategia innovativa di dispatching all'interno di un edificio ad alta densità. Nello specifico lo studente ha sviluppato un edificio costituito da un alto basamento che ospita funzioni pubbliche, su cui si innesta un edificio composto da un corpo principale orizzontale da cui dipartono tre torri. L'intero edificio, salvo il basamento, è dedicato a residenze di varie dimensioni.

Il sistema di trasporto studiato prevede un unico punto di accesso al complesso, collocato centralmente, da cui dipartono, come in una stazione ferroviaria, varie linee di trasporto che si ramificano per servire l'intero edificio. Come si vedrà in seguito alcune di queste linee sono dedicate al moto in salita mentre altre alla discesa.

Come nel caso dell'edificio precedente l'area di progetto si trova al di sopra della stazione di Porta Nuova a Milano. Anche in questo caso è stato necessario creare un nuovo solaio che lo studente ha utilizzato per realizzare una zona parcheggio ed un parco pubblico. L'edificio, invece, si innesta parallelamente alla strada principale, in una porzione urbana lunga e stretta che richiama immediatamente alla costruzione in altezza, in modo da massimizzare l'uso del suolo. Il nuovo livello creato, riprendendo altri progetti proposti per la stessa area, crea una piattaforma pedonale sopraelevata che collega l'area di progetto con l'area circoscritta dalla Torre Unicredit, in modo da creare una continuazione spaziale e visiva.



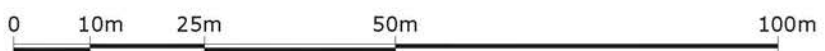
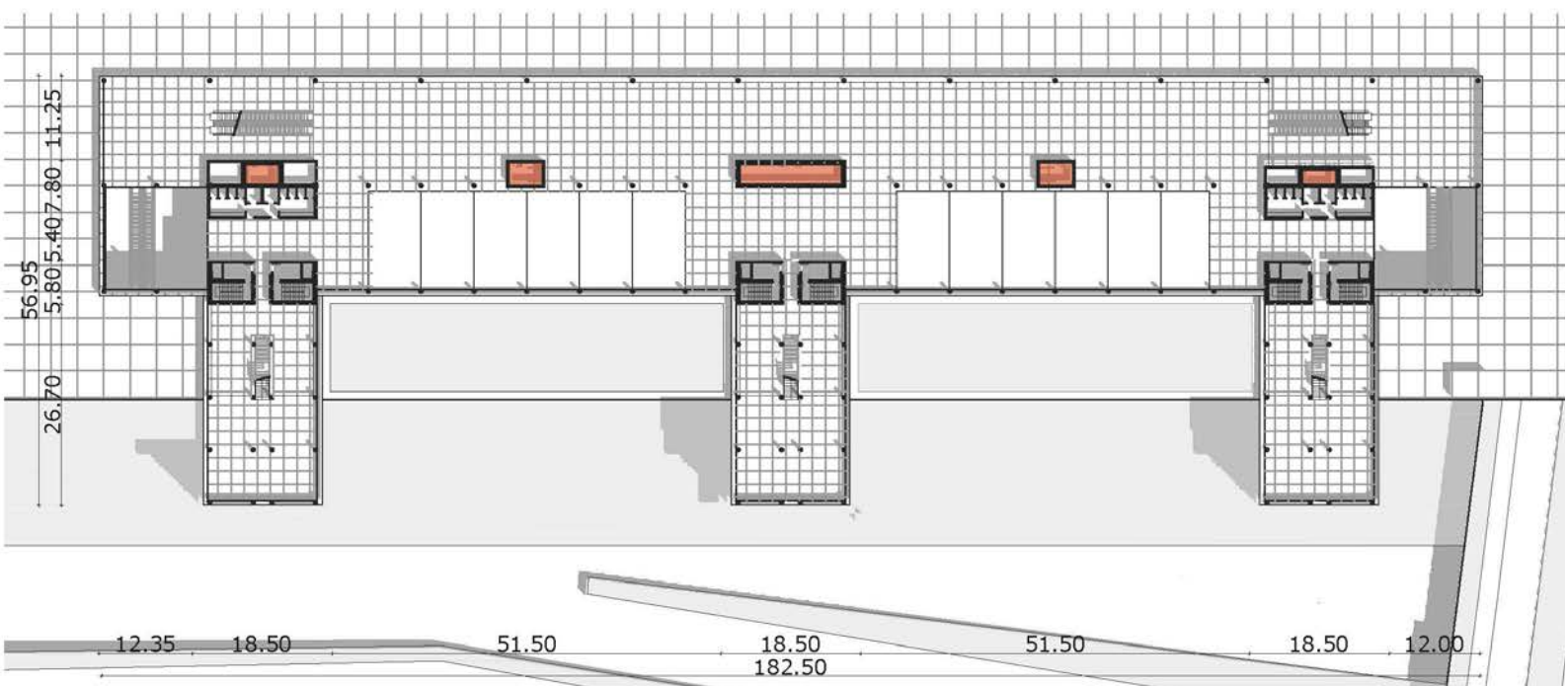
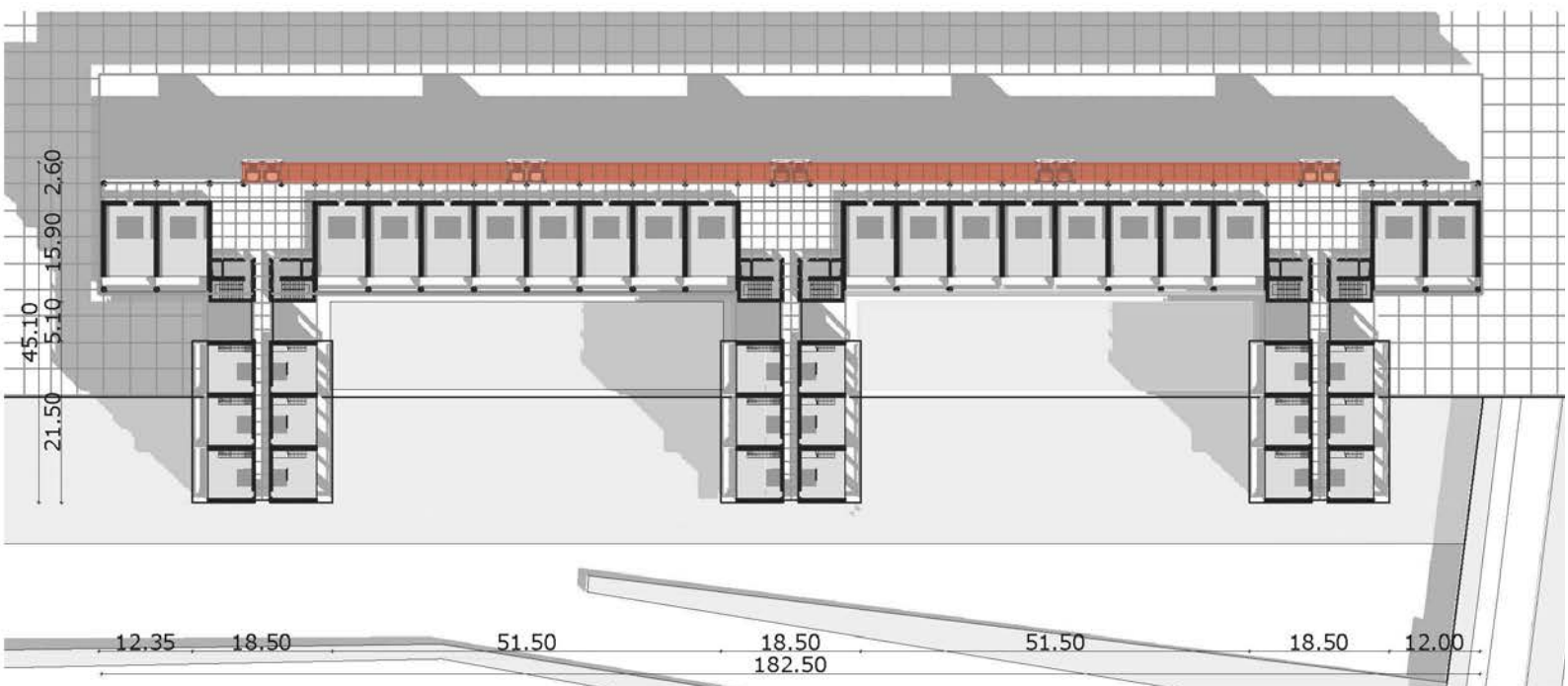
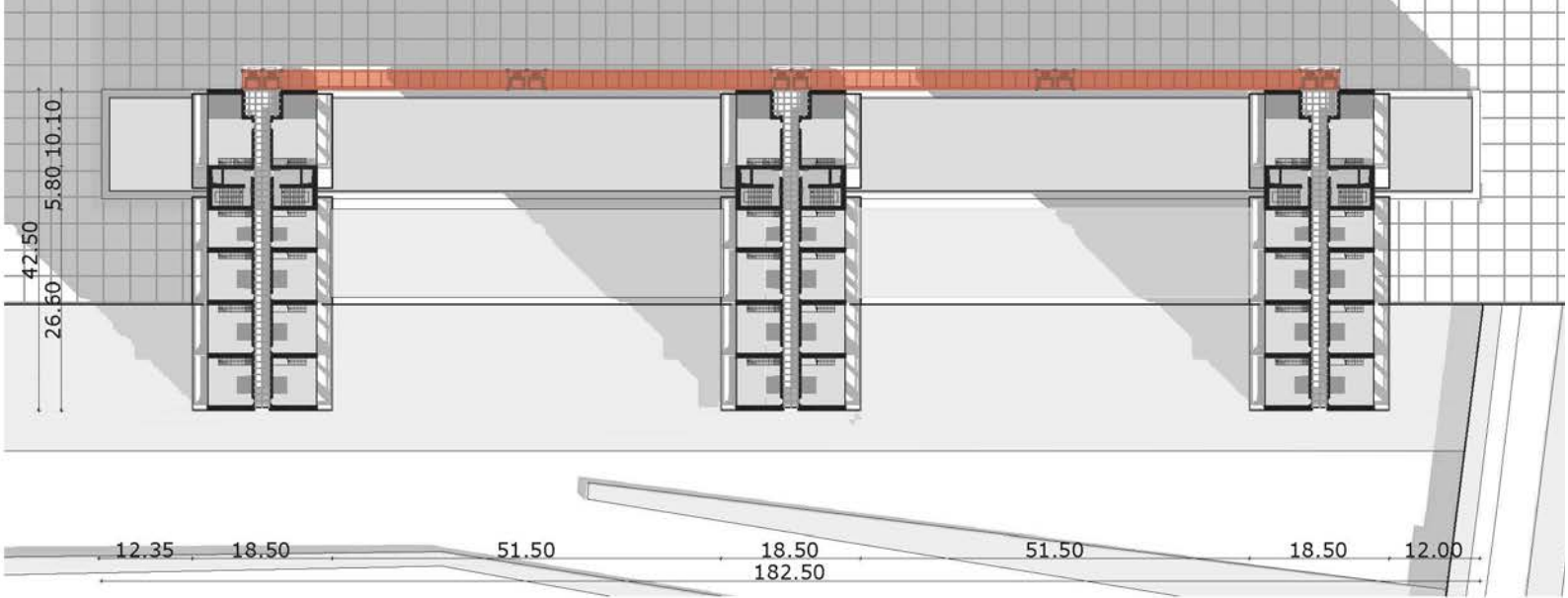
### OBIETTIVO DI PROGETTO

*pagina precedente*

**Figura 1:** Area di progetto e fotoinserimento dell'edificio 3in1 Complex nell'area di progetto, individuata nei pressi di Porta Garibaldi a Milano.

### AREA DI PROGETTO

*Figura 2:* L'esplosione assometrica rappresenta i vari elementi della composizione del progetto proposta e indica le funzioni contenute all'interno dei vari volumi che lo compongono. Il basamento è dedicato ad aree di parcheggio, verde pubblico. L'accesso alle residenze avviene dal lato strada e gli appartamenti si organizzano lungo un edificio a stecca (in arancione) e tre edifici a torre (in rosso). Inoltre, è stato previsto anche un volume, sempre a stecca, che contiene funzioni commerciali e culturali pubbliche.



Il complesso basamento, per quanto integrato al progetto, ha punti di accesso e sistemi di circolazione distinti da quelli dell'edificio residenziale. Questa parte del progetto, infatti, è più in relazione alla porzione pubblica, affacciandosi verso la piazza verde creata al di sopra del nuovo livello, necessario per separare la stazione sottostante dal nuovo edificio.

L'edificio residenziale, invece, che si sviluppa in lunghezza parallelamente al lotto presenta due fronti completamente differenti, per trattamento e funzioni.

Come si vede dai disegni, l'edificio ha una conformazione a pettine, costituito da un corpo basso e lungo che tiene assieme le tre torri, collocate in modo simmetrico, che lo superano in altezza ma che hanno comunque un rapporto con il livello strada. L'accesso al complesso è collocato appunto da questo lato e, più precisamente, in corrispondenza della torre centrale. Per raggiungere il sistema di distribuzione, tuttavia, occorre attraversare l'edificio in tutta la sua profondità, così come mostrano i disegni. Infatti, l'articolato sistema di circolazione interna è volontariamente collocato all'esterno della facciata retrostante l'edificio, quella che guarda verso la piazza e la zona verde di progetto. Tale

## DESCRIZIONE

*pagina precedente*

Figura 3: *Piante dei piani tipo del progetto. Procedendo dal basso si trova il piano di ingresso alle residenze al livello della strada. Seguono due piani di residenze, il primo in corrispondenza della stecca e il secondo interessa solo le tre torri.*

Figura 4: *Schema di dettaglio della hall di accesso alle residenze. L'ingresso è collocato al piano strada, sulla sinistra rispetto all'immagine. Due scale mobili conducono gli abitanti al livello superiore della lobby dove possono raggiungere le cabine ascensori. La differenza di quota è stata una scelta dovuta dalla presenza, sulla destra dei binari della stazione di Porta Garibaldi.*



gesto è stato fatto per due motivi:

1. Così facendo, il sistema di trasporto innovativo viene esplicitamente dichiarato tramite la separazione netta e spaziale di quelli che sono gli spazi serventi da quelli serviti. Sulla scia quindi di simili esempi come potrebbero essere il Lloyd's Building di Londra o la Hong Kong e Shanghai Bank.
2. La struttura contenente il sistema di trasporto è un sistema reticolare metallico, evidenziato nei disegni dal colore rosso, che potrebbe diventare anche punto di attrazione durante le ore serali. L'idea dello studente, infatti, è quello di integrare un sistema di illuminazione ad hoc per trasmettere all'esterno la dinamicità del dispositivo.

Gli appartamenti sono stati studiati in modo differente, a seconda che si trovino nel corpo orizzontale o all'interno delle torri. Nel primo caso si tratta di appartamenti convenzionali, di varie metrature. Nel caso delle torri, invece, lo studente ha formulato un dispositivo organizzato in duplex e seguendo l'esempio dell'Unité d'Habitation di Le Corbusier, dove gli appartamenti si incastrano l'uno sull'altro. Così facendo, gli ascensori non dovranno fermarsi a tutti i piani ma a livelli alterni, questo ha permesso di snellire il progetto di circolazione.

## PROGETTO DI CIRCOLAZIONE

Prima di passare alla presentazione del sistema di circolazione di progetto, occorre fare una breve premessa. Quello presentato nelle tavole di progetto è lo schema più efficiente che lo studente ha individuato basando i propri calcoli su:

1. Metodi di dimensionamento utilizzati per progetti che utilizzano ascensori convenzionali

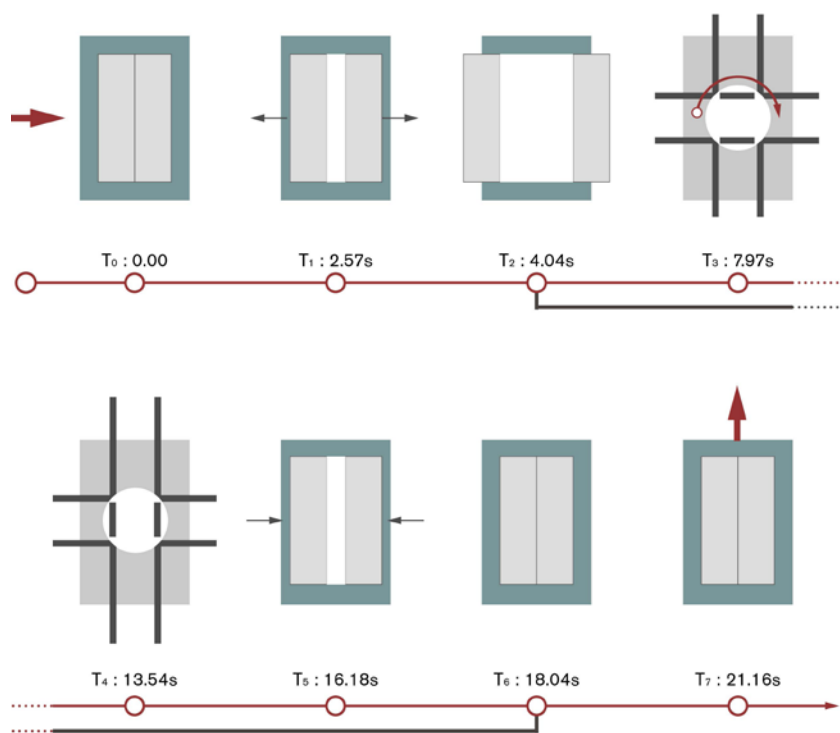


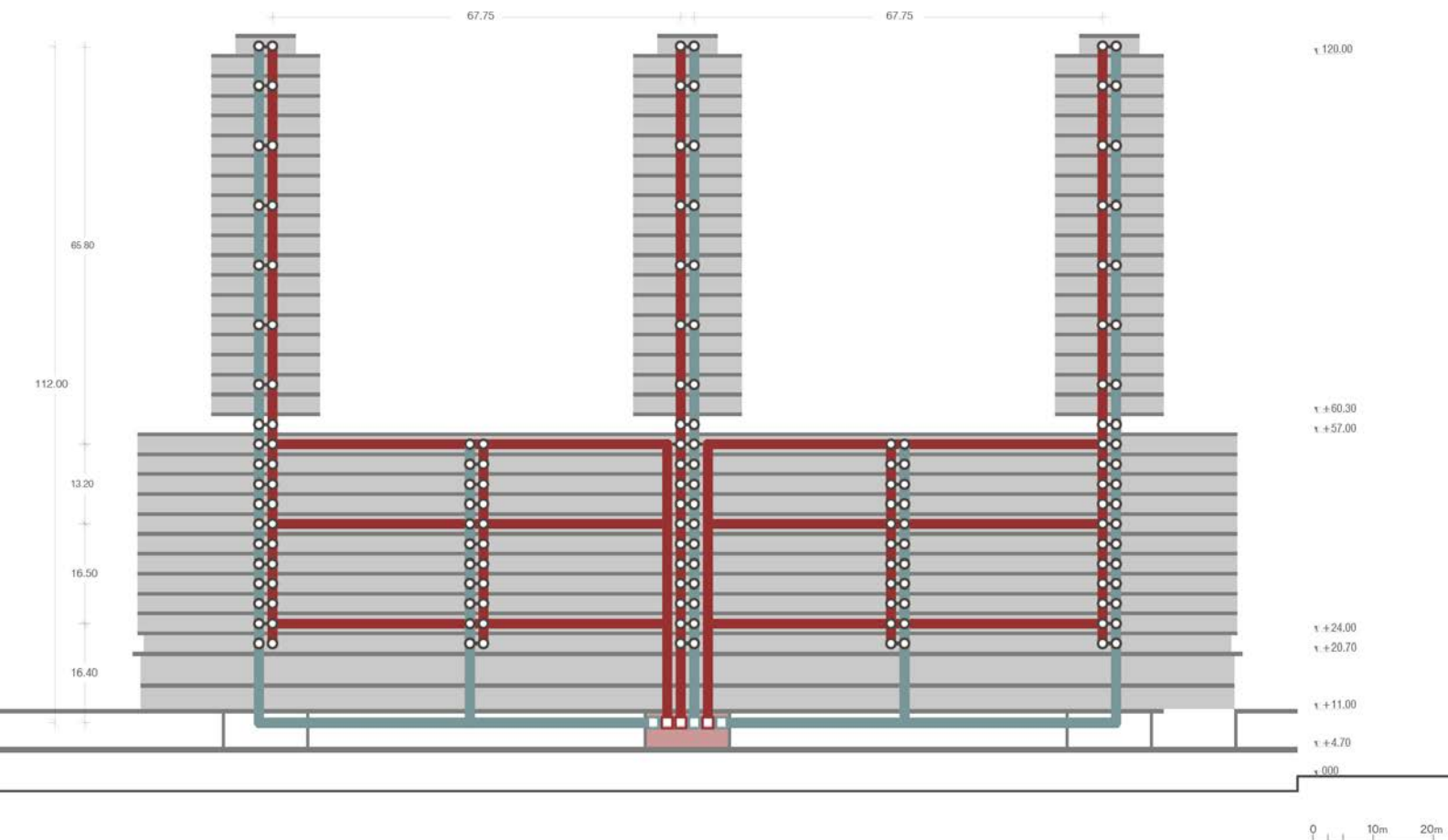
Figura 5: Lo studente ha sviluppato una simulazione dei tempi di percorrenza analizzando il "worst case scenario" inteso come tragitto più lungo che un passeggero dovrebbe percorrere per compiere un viaggio di andata e ritorno dal proprio appartamento al piano di ingresso. I tempi di transito utilizzati sono stati dedotti osservando i video di presentazione del sistema MULTI di thyssenkrupp e i calcoli sono stati verificati con i professori di Trasporti dell'Università Iuav di Venezia. In figura sono indicati i tempi considerati per le varie fasi del servizio (sulla destra) e i tempi massimi di percorrenza, in salita e in discesa, di un ipotetico tragitto (sulla sinistra).

2. 2. Tempi (apertura e chiusura porte, accelerazione e decelerazione, rotazione e spostamento di moto) dedotti dall'osservazione di video informativi e divulgativi riguardo il sistema MULTI di thysenkruupp. I tempi valutati e i calcoli effettuati sono poi stati sottoposti al controllo del team tedesco che, con buona approssimazione li ha confermati, considerando che il dispositivo è ancora in fase di realizzazione.

Lo schema sviluppato, che l'immagine riassume in modo chiaro ed efficace, è il seguente:

- Unico punto di ingresso centrale, dove arrivano/partono sei linee di trasporto: tre in salita e tre in discesa;
- Il corpo centrale presenta cinque colonne di trasporto, quattro delle quali sono composte da due linee ciascuna, una per la salita e una per la discesa. Quella centrale, invece, conta tre linee di salita e una in discesa. Questo perché dalla colonna centrale dipartono sia le linee che servono il corpo più basso sia quelle della torre centrale;
- Ogni torre ha una propria colonna di trasporto, composta da una linea in salita e una in discesa, che si possono fermare a piani alterni, visto che gli appartamenti sono tutti organizzati in duplex;
- Le colonne del corpo più basso, inoltre, sono tutte connesse tra di loro da collegamenti orizzontali. Questo permette al sistema di raggiungere ogni parte del progetto ed incrementa anche la creazione di vie alternative nel caso in cui una porzione del circuito fosse

Figura 6: Rappresentazione schematica dell'applicazione del sistema di trasporto rope-less progettato per l'edificio 3in1 Complex. In rosso le linee del circuito dove le cabine viaggiano in salita e in blu quelle per i viaggi in discesa. Le fermate possibili sono indicate dai puntini bianchi. Lo schema proposto è la soluzione finale di varie sperimentazioni che sono state testate e verificate con docenti ed esperti di traffico durante il Laboratorio di tesi.





temporaneamente fuori servizio. Questa formulazione, infatti, è stata studiata dallo studente prendendo in considerazione anche scenari negativi che potessero in qualche modo alterare il servizio.

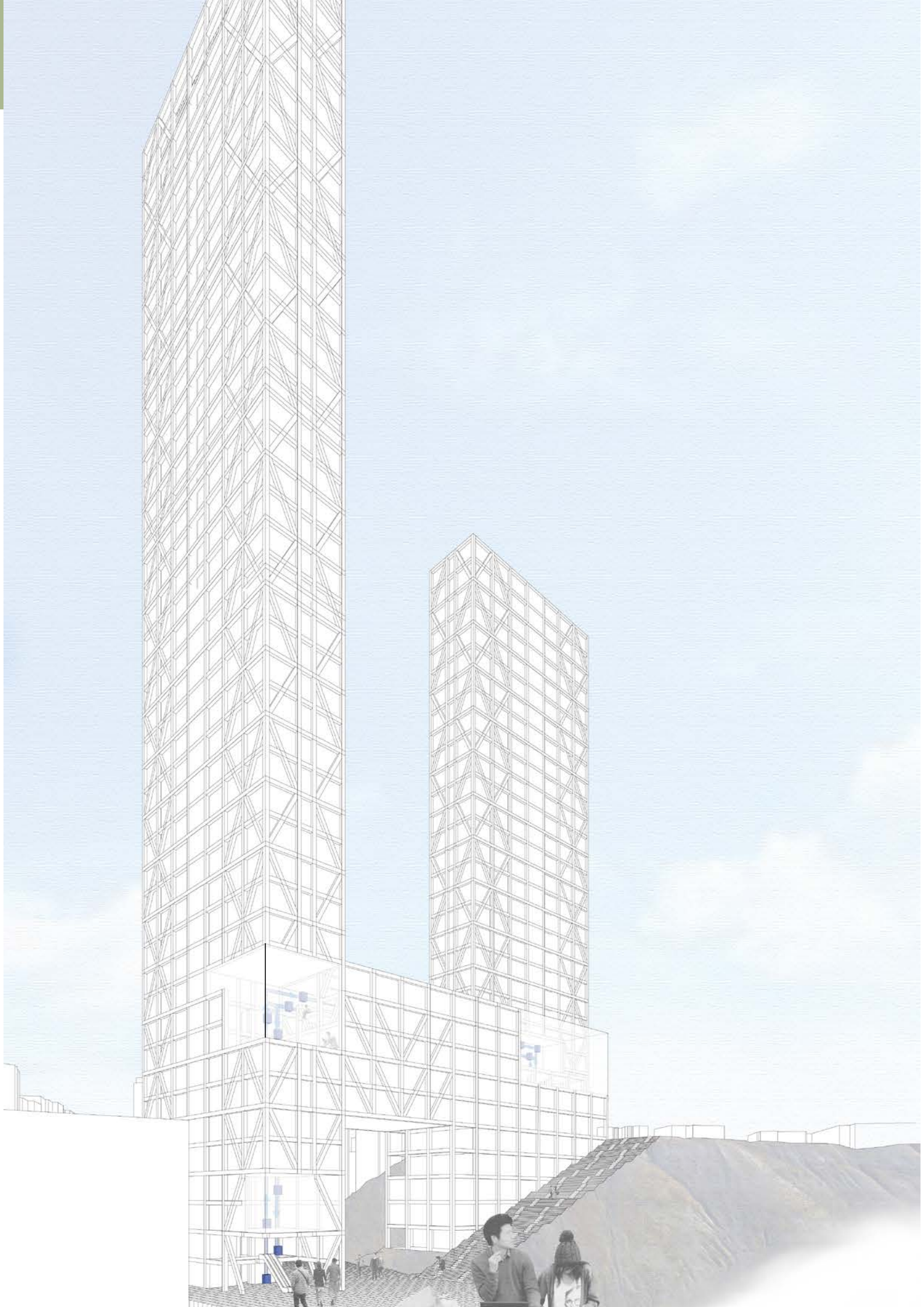
- Le colonne di discesa si ricongiungono tutte in una linea orizzontale che le rimanda al piano della lobby. I punti di scambio tra colonne verticali e condotto orizzontale dei sistemi di discesa, inoltre, avvengono all'interno di spazi dedicati posti al piano garage dell'edificio. Qui le cabine possono essere parcheggiate, in attesa di entrare nel circuito, e mantenute in caso di necessità.

Oltre alla simulazione di dimensionamento, in questo progetto è stata fondamentale la progettazione della hall. Per prima cosa si tratta di una hall di ingresso a doppia altezza, dovendo infatti superare il dislivello creato tra il piano strada esistente dove si innesta l'edificio e il nuovo livello zero creato da progetto. Il piano di carico e scarico, quindi, è raggiungibile tramite un sistema di scale mobili e una piattaforma elevatrice laterale, pensata anche per sollevare materiali o altro.

Una volta raggiunta l'area prospiciente le cabine, un sistema di segnali luminosi e scritti spiega all'utente come funziona il servizio. come in una stazione ferroviaria o metropolitana, un cartello luminosa informa il passeggero del tempo rimanente all'arrivo della prossima cabina e dove recarsi. All'interno della cabina, inoltre, uno schermo interattivo ed eventualmente una voce guida registrata, informano il passeggero di dove si trova rispetto all'edificio e quando la destinazione viene raggiunta. Terminata la corsa, la cabina, scarica, passa alla linea di discesa grazie alla presenza dei connettori ad ogni fermata e riprende la propria corsa verso la lobby. Nel caso in cui, invece, ricevesse una chiamata si muoverebbe verso di essa. Il sistema deve essere completamente automatizzato e quindi in grado di servire l'intero edificio nel modo più efficiente possibile.

Come accade oggi, ed essendo questo un edificio residenziale con picchi di discesa e di salita relativamente bassi rispetto a quelli che si potrebbero registrare in un edificio simile ma per uffici, lo studente propone di integrare un sistema che studi e registri le chiamate giornaliere per creare uno storico e adattare il servizio sulla base di questo. Per esempio, la mattina, alcune cabine potrebbero essere già parcheggiate sulla sommità delle torri, in attesa di ricevere le chiamate e di muoversi quindi già verso la direzione corretta. Stessa cosa, potrebbe accadere, in corrispondenza delle fermate principali lungo il corpo basso dell'edificio.

*Figura 7: Sezione assonometrica dell'edificio. Evidenziato in rosso il circuito di trasporto progettato e che viene portato volontariamente in facciata, tanto da diventare elemento di riconoscibilità e caratterizzante dell'edificio.*





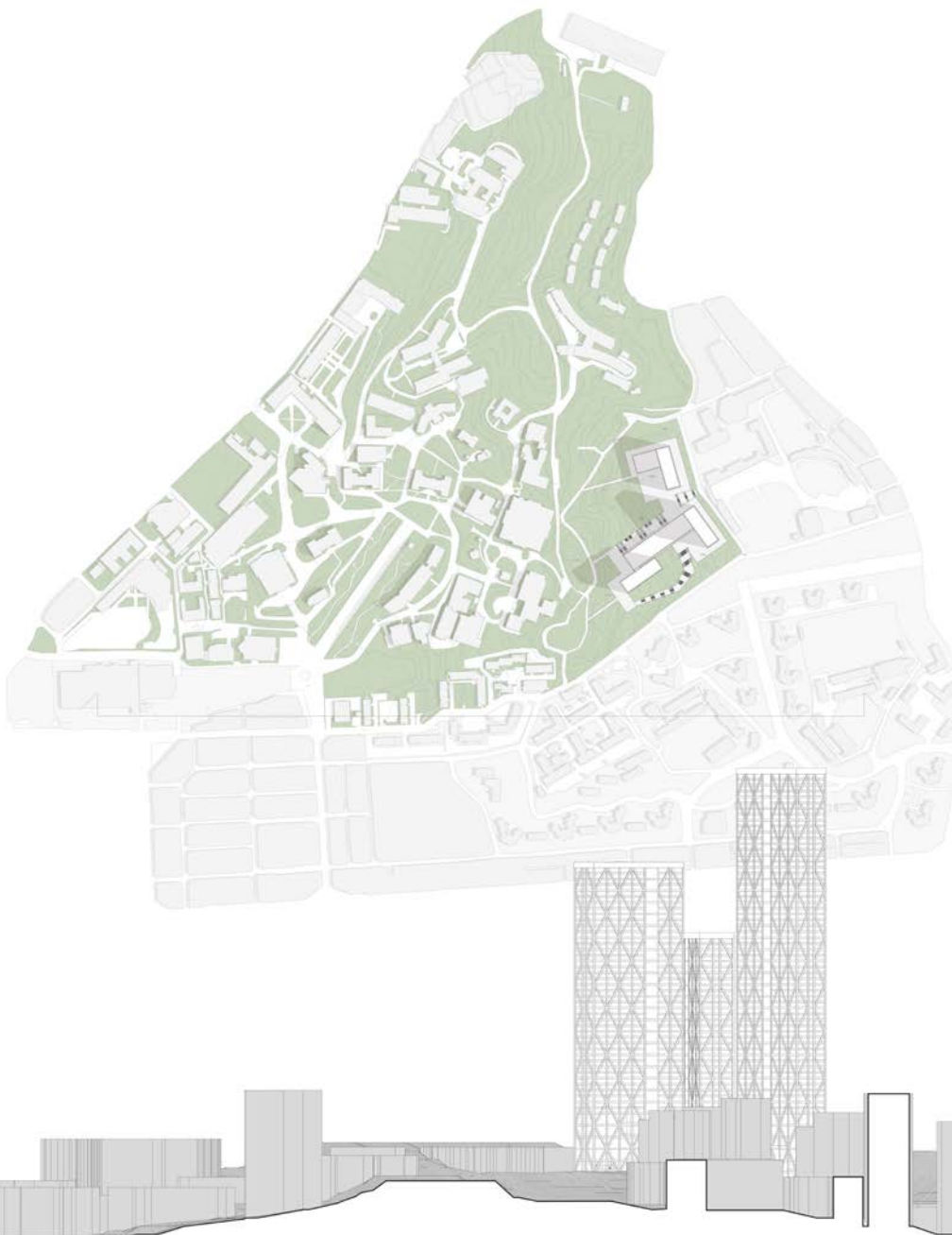
### 6.2.4 3hundred, Seoul - Toppan (Iuav)

Studiare un sistema di dispatching efficiente per un edificio di 300 metri di altezza è stato l'obiettivo principale di questo progetto. La studentessa, infatti, si è concentrata sulla definizione di una strategia efficiente per effettuare la circolazione verticale. L'edificio, nello specifico, ospita appartamenti di differenti dimensioni, pensati per studenti e personale docente del campus universitario di Seul. I sistemi rope-less hanno permesso di ridurre al minimo le dimensioni necessarie per il core contenente il sistema di trasporto, massimizzando quindi lo spazio servito. In questo caso, quindi, il sistema rope-less è stato vantaggioso per la possibilità di far muovere più cabine contemporaneamente all'interno dello stesso vano di corsa.

L'edificio si inserisce all'interno del campus universitario di Seul, in un'area ancora in fase di definizione ed espansione. La studentessa si è recata nella città coreana per prendere visione dell'area di progetto e per capire le esigenze di studenti e docenti. Inoltre, ha studiato le tipologie residenziali tipiche del luogo. Sulla base di que-

#### OBIETTIVO DI PROGETTO

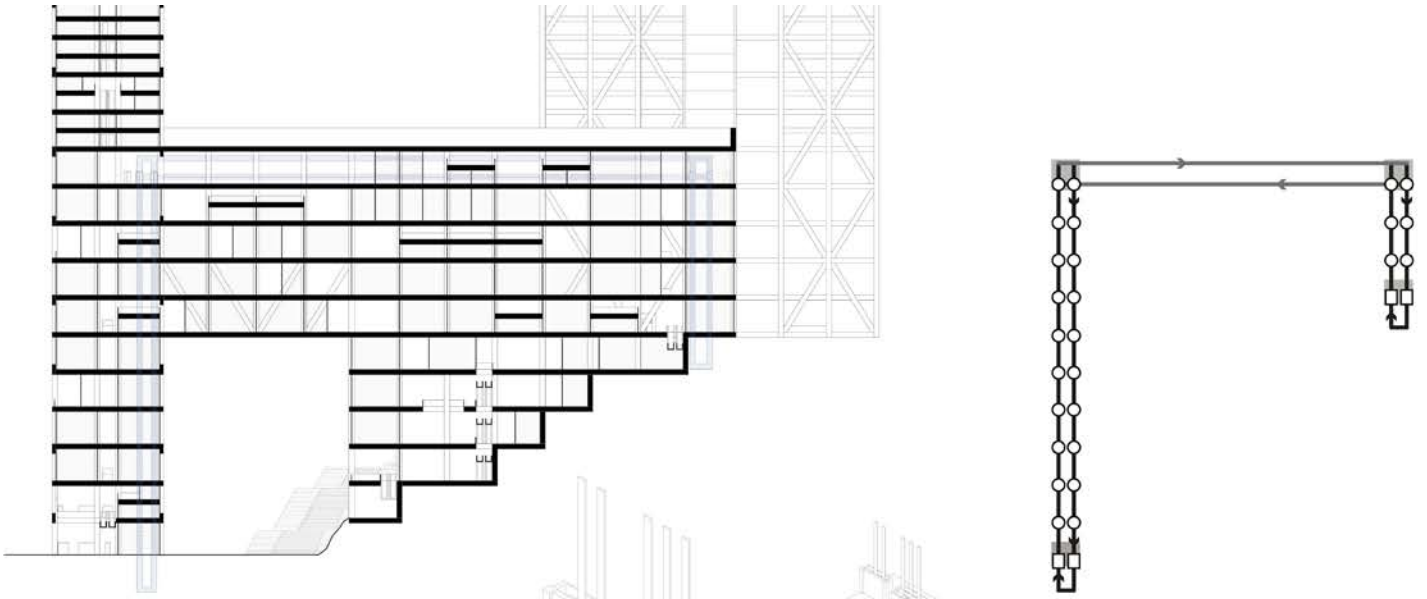
#### AREA DI PROGETTO



*pagina precedente*

**Figura 1:** Vista del progetto 3hundred di Seoul. In figura viene mostrato una parte dell'applicazione del sistema rope-less e multidirezionale.

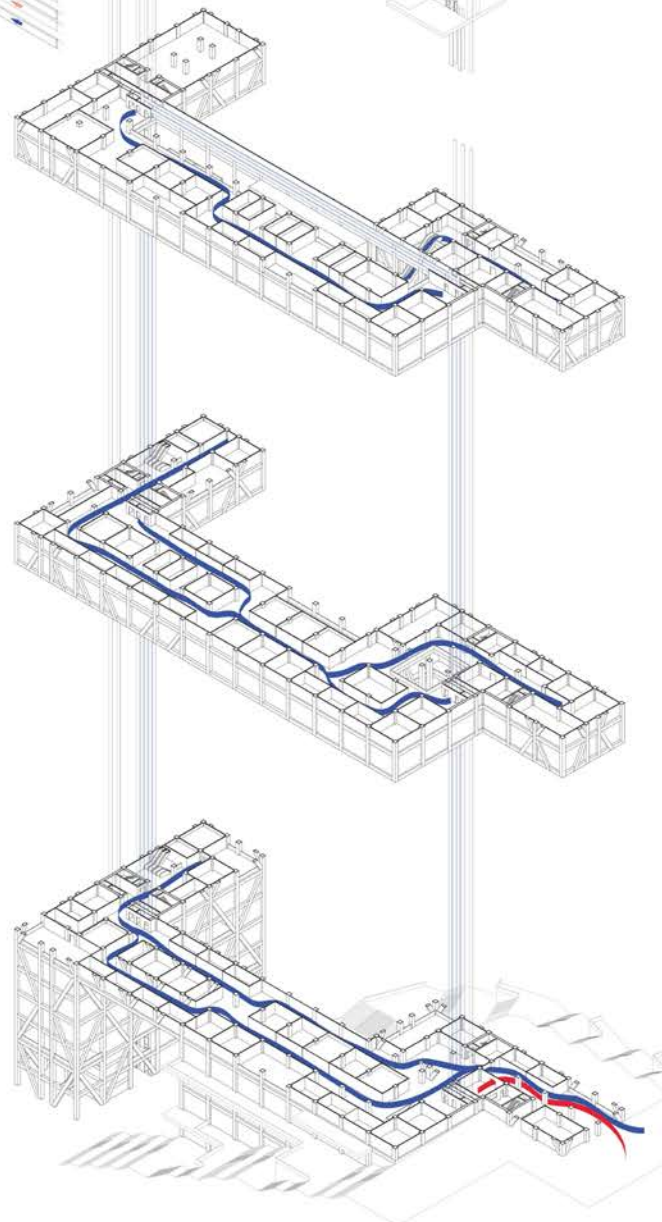
**Figura 2:** Planivolumetrico dell'area di progetto in cui si inserisce l'intervento e, in basso, il profilo delle torri dell'edificio inserite nel profilo del contesto di riferimento.



traslazione lungo il tratto orizzontale



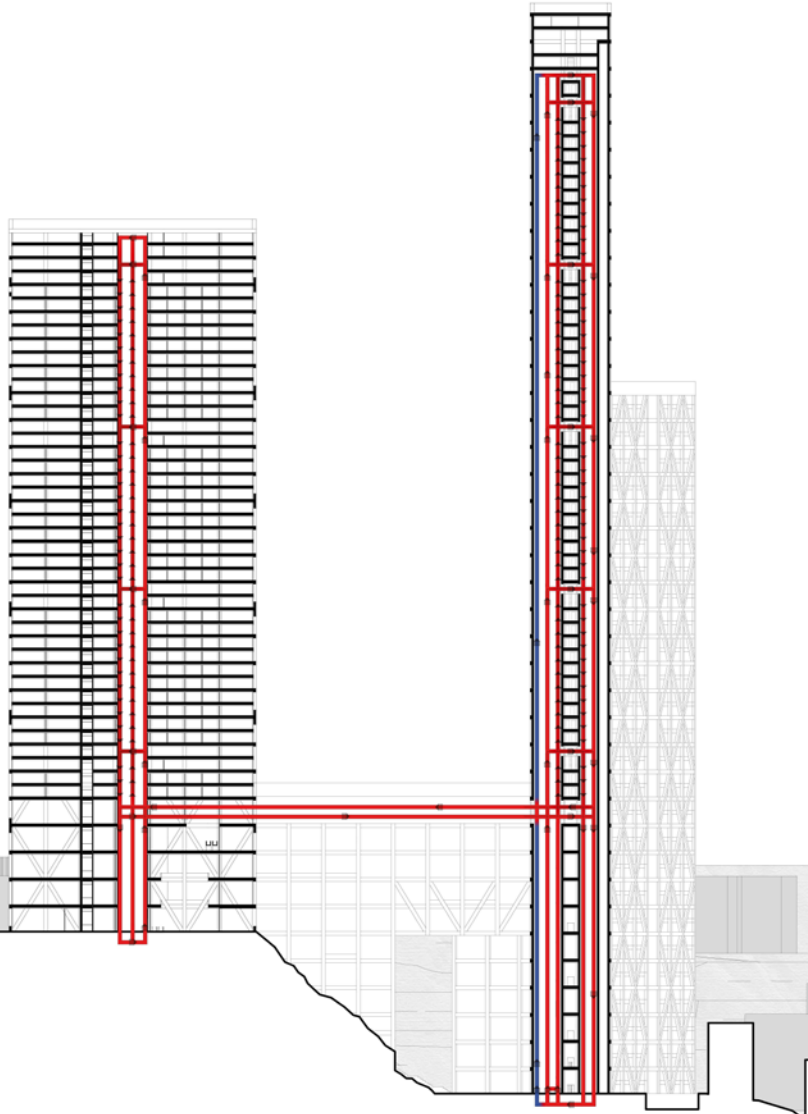
ingresso area commerciale



ste osservazioni, come si vedrà in seguito, la studentessa sviluppa tre differenti tipologie di appartamento, che si possono vedere nei disegni di progetto. Questi appartamenti funzionano come cellule che possono essere posizionati in modo alternato e differente nei vari piani della torre. L'ultima porzione di edificio, inoltre, è dedicata ad una terrazza panoramica e a spazi comuni, dove gli studenti possono recarsi per assistere a rappresentazioni teatrali, mostre o altri eventi legati alla vita universitaria.

Il progetto si compone di due torri residenziali, entrambe destinate ad accogliere appartamenti, connesse da un edificio a ponte basamentale che ospita tutta una serie di servizi utili alla vita degli studenti all'interno del campus. Da spazi di socializzazione ad aree ristoro e piccoli negozi e librerie, pensati sulla base delle facoltà presenti. Come mostrano i disegni, l'area di progetto è interessata da un dislivello importante, pareggiato appunto dal corpo basamentale del progetto. Solo una delle due torri raggiunge i 300 metri di altezza ma entrambe le torri si innestano sul podio più basso. La torre da 300 metri di altezza, come si vedrà meglio in seguito, è stata organizzata in sezioni di 10 piani ciascuna distinte e separate da sky-lobby di pertinenza. Questi livelli di riferimento sono a doppia altezza e ospitano servizi per gli studenti che abitano la sezione sovrastante, come lavanderie, aule studio, cucine comuni, spazi di gioco e per la socializzazione e spazi esterni. L'organizzazione in sezioni distinte permette di creare veri e propri quartieri, e separare quindi la tipologia di abitanti. Alcuni, infatti, sono destinati

## DESCRIZIONE



*pagina precedente*

**Figura 3:** Tavola esplicativa del sistema di circolazione rope-less e multidirezionale applicato alla parte basamentale dell'edificio. Si riportano i flussi di circolazione e uno schema del funzionamento del servizio.

**Figura 4:** Sezione del progetto in corrispondenza del collegamento orizzontale che mette in relazione le due torri che compongono il complesso. La sezione permette anche di spiegare, come indicano le frecce, il funzionamento del servizio di circolazione progettato per questo edificio.

esclusivamente agli studenti, mentre altri ospitano docenti, ricercatori e dottorandi. In questo secondo caso le sky-lobby di riferimento vengono organizzate in modo differente.

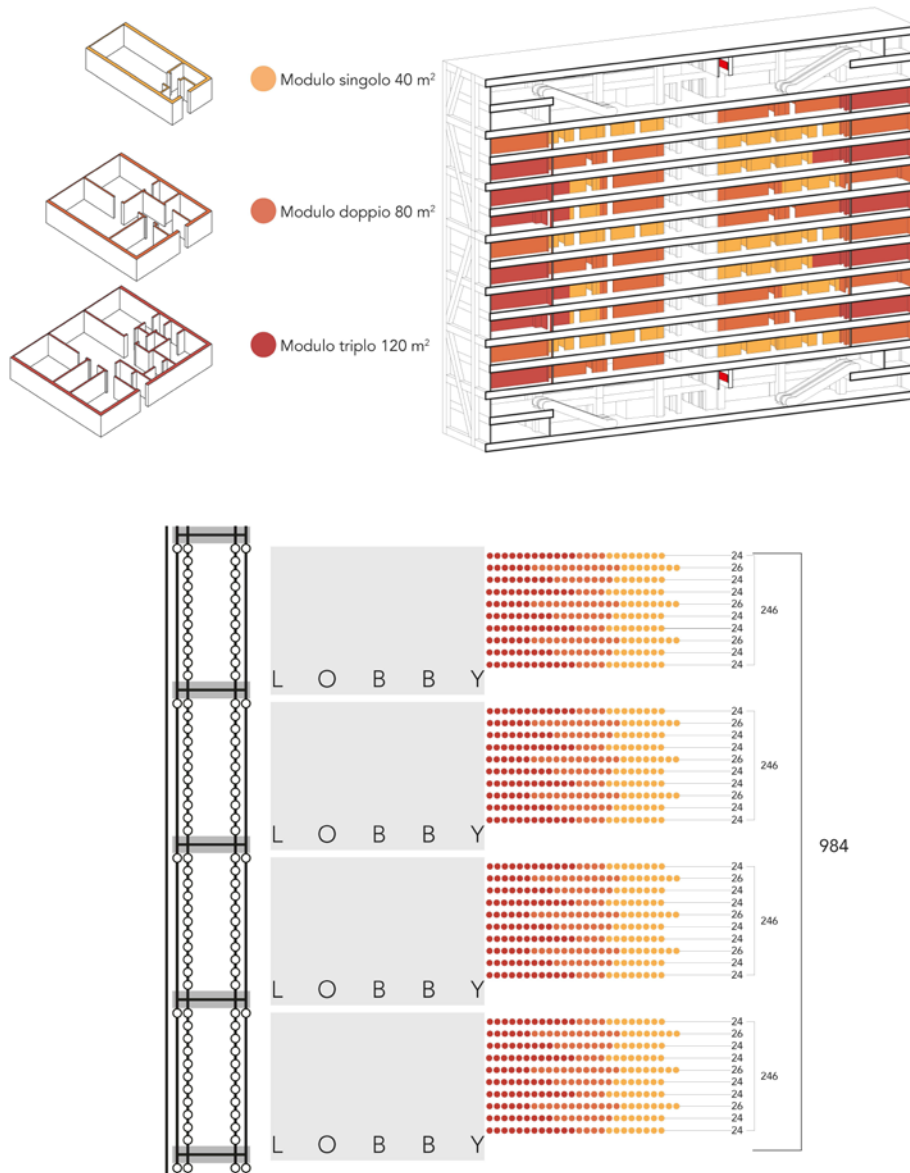
**PROGETTO DI CIRCOLAZIONE**

**Figura 5:** La figura presenta i modelli di appartamenti che sono stati studiati e progettati dalla studentessa e, sulla destra in alto, una possibile soluzione di assemblaggio delle varie unità in una delle sezioni in cui è suddivisa la torre. In basso, altre possibili combinazioni e una schematizzazione del servizio di circolazione progettato per l'edificio a torre.

Ogni torre ha un sistema di trasporto verticale dedicato che è nettamente distinto da quello del basamento commerciale. Per evitare che i due flussi, il privato e il pubblico, si confondano il progetto prevede punti di accesso separati.

Il sistema di trasporto del basamento commerciale presenta varie linee di trasporto, sia verticali che orizzontali. Lungo i tragitti orizzontali le cabine attraversano spazi a doppia o tripla altezza, come si può vedere dalle immagini, passando attraverso le varie funzioni previste. Gli elementi orizzontali permettono di mettere in comunicazione le due parti del podio che, come già detto, assume l'aspetto di un edificio a ponte, permettendo al piano terra il passaggio pedonale.

Ogni torre ha il proprio accesso, si tratta, tra l'altro di uno spa-



zio privato controllato da un operatore che funge da portiere, viste le dimensioni dell'edificio e il numero di persone che lo abiteranno. In questo spazio, inoltre, sono previste cassette delle lettere e aree di stoccaggio per bagagli o pacchi, come in un qualsiasi edificio residenziale. Gli inquilini, per accedervi, devono essere muniti di badge elettronico. In questo modo la sicurezza è assicurata.

Una volta entrati nella hall di ingresso, gli utenti vedono due coppie di cabine separate da un passaggio centrale. Questa configurazione si ripete anche nelle sky-lobby di riferimento, che fungono da piano di servizio e di scambio del senso di marcia. Le due cabine più esterne delle due coppie effettuano un servizio express, collegando il piano terra alle sky-lobby, quella dal lato sinistro in salita mentre quella a destra in discesa. Le due linee più interne, invece, effettuano servizio local.

Quindi, arrivato al piano terra l'utente prende la cabina più esterna, per il servizio express, in direzione salita. Una volta entrato indica il piano di destinazione. La cabina comincia a muoversi e raggiunge la sky-lobby al di sopra della sezione di edificio in cui si trova il livello di destinazione indicato. Raggiunta la sky-lobby, che è organizzata come si vede in figura, la cabina si sposta nella linea di servizio local e scende fino a raggiungere il piano di destinazione. La cabina vuota continua poi a scendere fino alla sky-lobby successiva dove si sposta in orizzontale e raggiunge la linea express che segue per raggiungere nuovamente il piano terra. Nel caso in cui registrasse una nuova chiamata in salita, una volta raggiunta la sky-lobby successiva, si sposterebbe nuovamente in orizzontale per raggiungere la linea express in salita e raccogliere così i passeggeri in attesa.

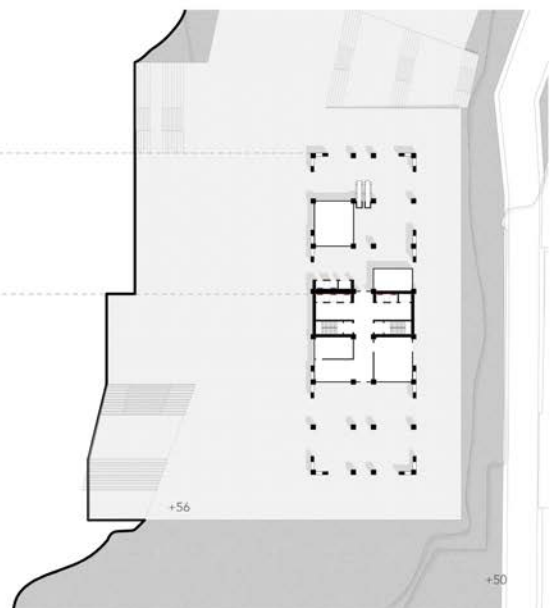
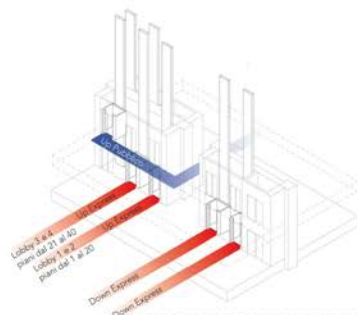
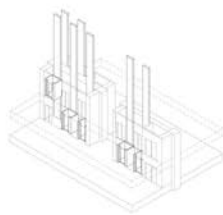
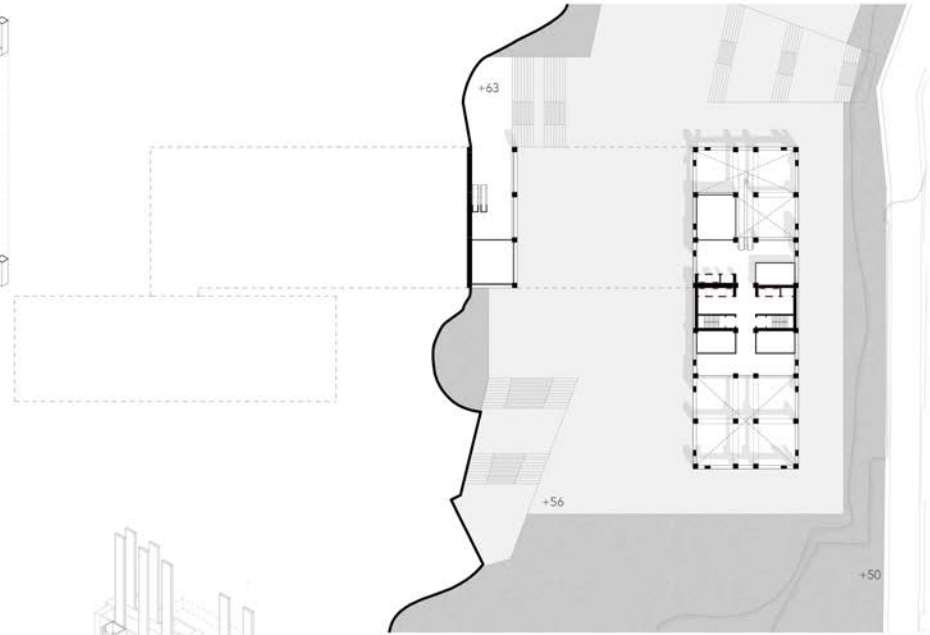
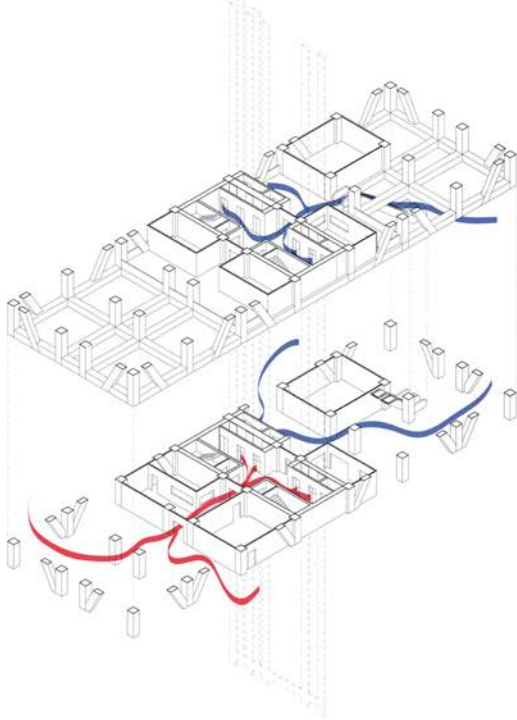
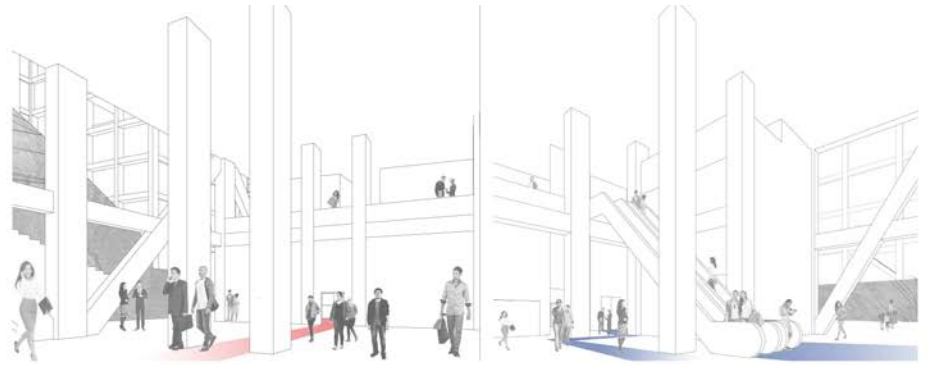
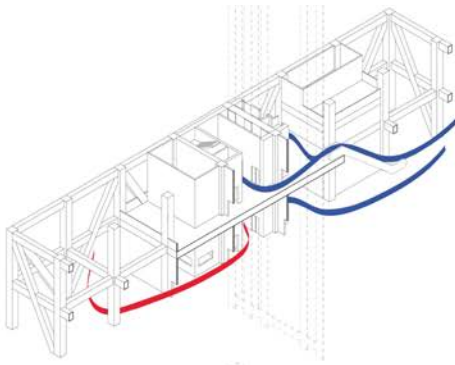
Al di sotto del piano terra della lobby, per permettere alle cabine di cambiare linea una volta raggiunto il livello 0, c'è una linea di raccordo orizzontale che tiene tutte le 4 linee verticali. Inoltre, questo livello viene utilizzato per parcheggiare cabine in attesa di essere chiamate, in modo da rendere il servizio ancora più efficiente.

Come si vede in alcuni disegni, accanto alle due coppie di linee dedicate al trasporto residenziale ci sono altre due linee, ancora più esterne. Si tratta del sistema esclusivo che raggiunge direttamente la porzione finale della torre, dedicata a spazi pubblici a servizio del campus. Il sistema di distribuzione progettato dalla studentessa ha suscitato particolare interesse nel team di thyssenkrupp. Dopo una più attenta revisione hanno sottolineato come, probabilmente, viste le dimensioni dell'edificio e la popolazione consistente solo quattro linee potrebbero non essere sufficienti. I loro dubbi non riguardano tanto il dimensionamento dell'impianto, visto che lungo le stesse linee possono idealmente viaggiare infinite cabine, quanto piuttosto per questioni di sicurezza ed efficienze. Infatti, nel caso in cui una delle linee sia temporaneamente interrotta, l'intero sistema potrebbe vacillare. Per questo motivo consigliavano di aggiungere una due linee, una per coppia, che possano entrare in funzione, sia come express che local, o in caso di sovraccarico del sistema o, appunto, nel caso in cui ci siano temporanei malfunzionamenti o interruzioni di servizio in porzioni del circuito. Particolarmente apprezzato anche la separazione in sezioni dell'edificio.

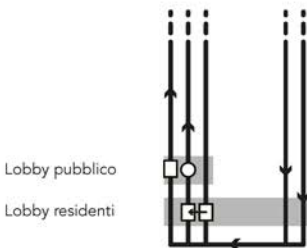
*Pagine seguenti*

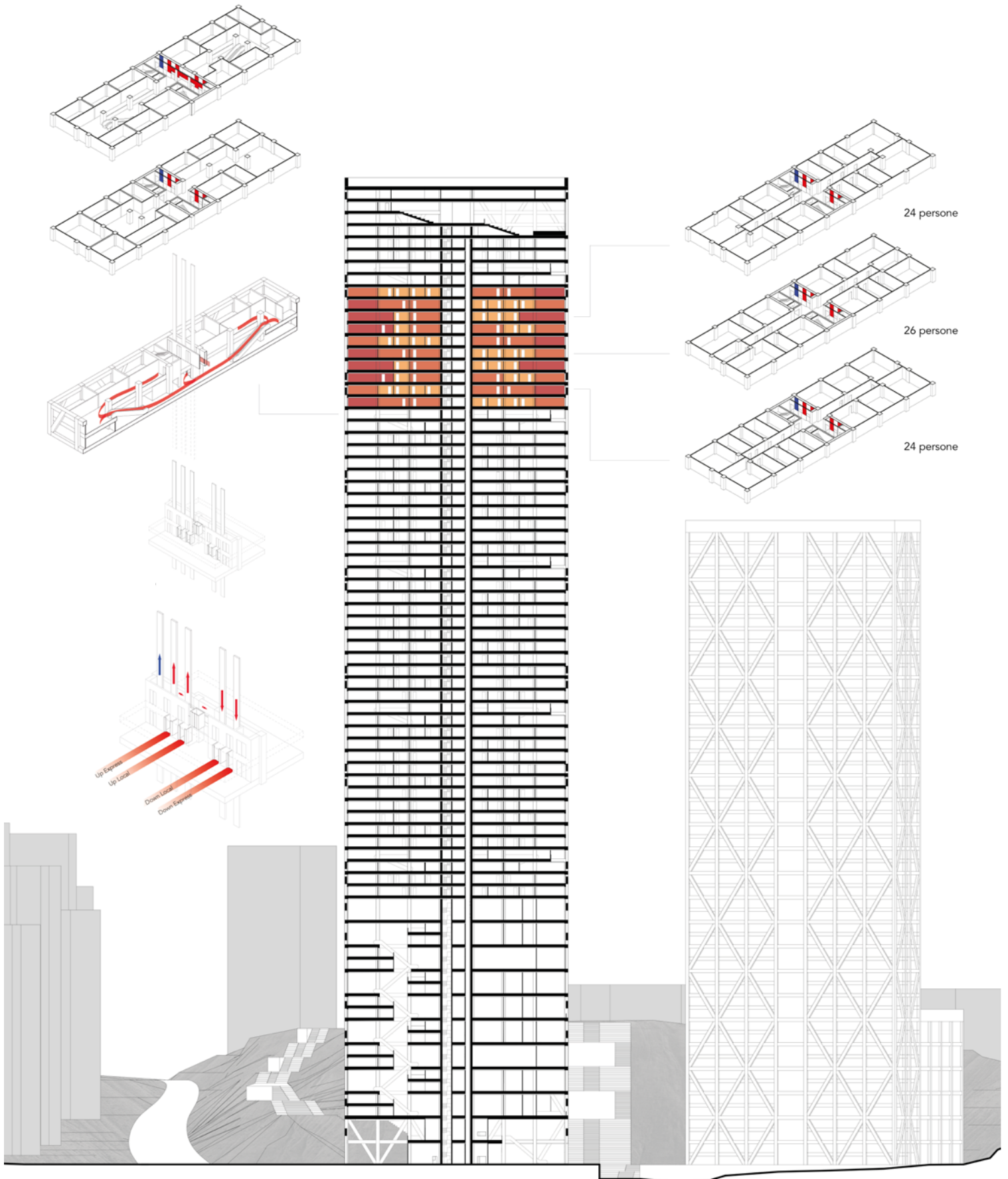
**Figura 6:** Tavola riassuntiva del sistema di accesso al piano terra sia alla lobby privata delle residenze, indicata dal colore rosso, sia l'accesso agli spazi pubblici commerciali, come indicano i segni in colore blu. A completamento, le piante dei livelli delle lobby di ingresso, visto che si trovano a due quote differenti e uno schema, in basso sulla sinistra, che ne spiega l'articolazione.

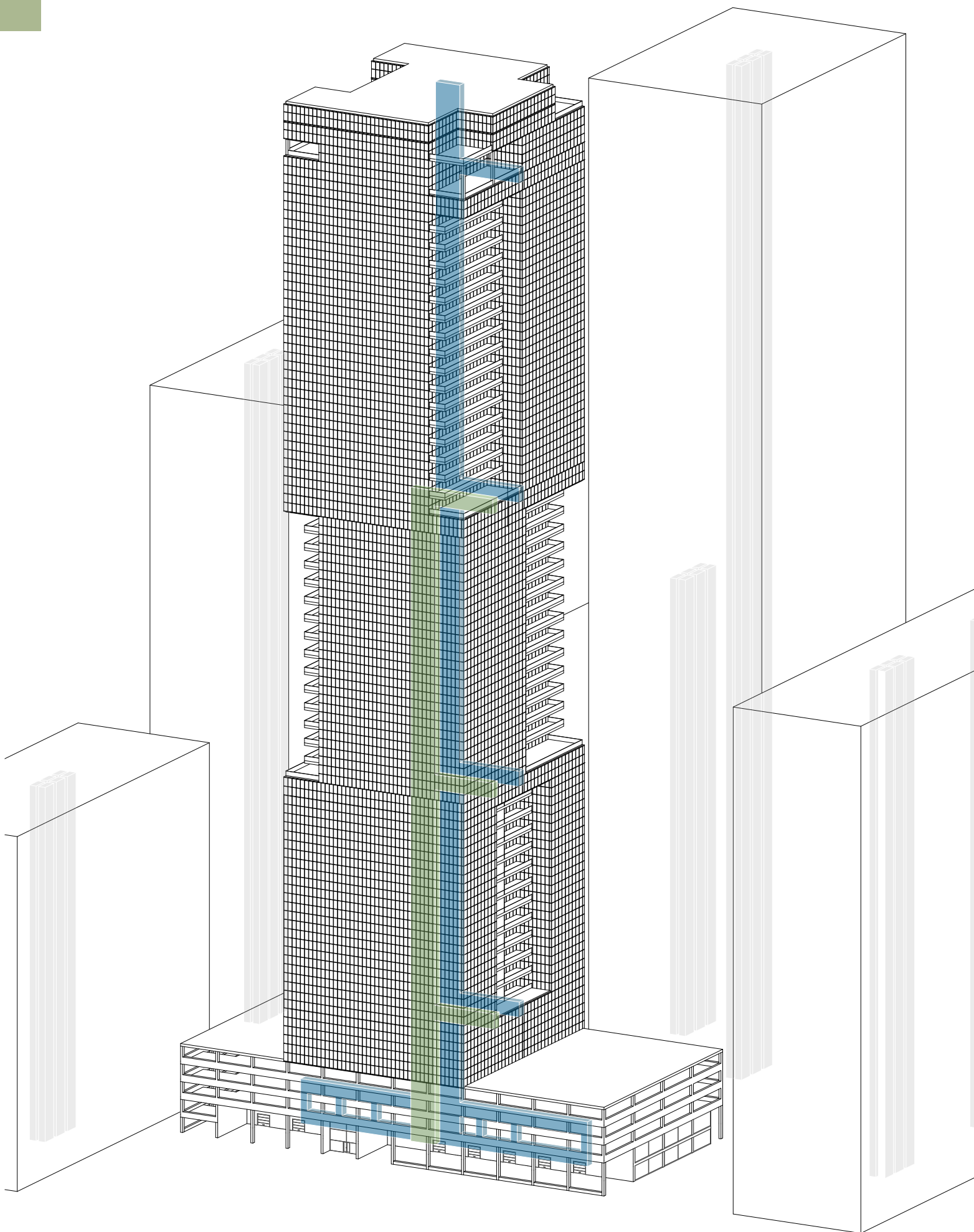
**Figura 7:** Tavola che riporta l'edificio di 300 metri in sezione, evidenziandone la complessità nell'articolazione degli spazi e, nella porzione colorata in alto, chiarisce come funziona la circolazione interna in corrispondenza della lobby di riferimento di una delle sezioni di piani residenziali e i flussi interpiano.



**LOOP RESIDENZIALE**









## 6.2.5 Penthouse con servizio al piano, Chicago - Belmonte

Questo progetto, sviluppato all'interno del gruppo di ricerca, nasce dalla volontà di sperimentare il sistema rope-less per gestire traffici privati e non all'interno dello stesso circuito. Il progetto, quindi, consiste in un edificio alto residenziale in cui gli ultimi livelli sono concepiti come delle Penthouse di lusso che, di conseguenza, beneficiano di cabine private e personalizzate. Il team ha cercato di proporre un'idea di organizzazione degli spazi interni dell'eventuale appartamento e uno schema di gestione del traffico.

Essendo un approccio sperimentale l'area di progetto non era così rilevante per lo sviluppo di questo progetto. Tuttavia, per avere dei limiti e un'idea di quello che sarebbe potuto essere il contesto circostante è stato scelto un lotto, stretto e lungo, nella maglia della città di Chicago, in un'area prettamente residenziale.

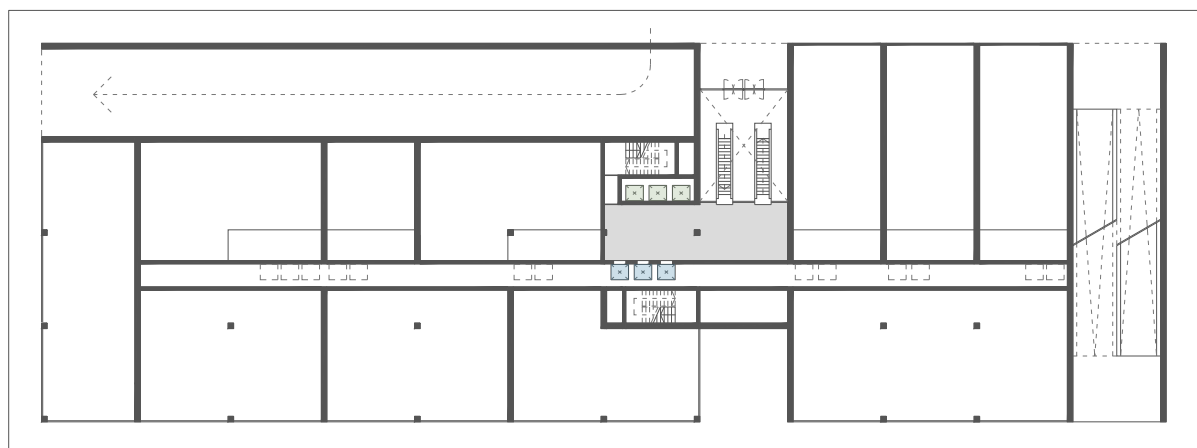
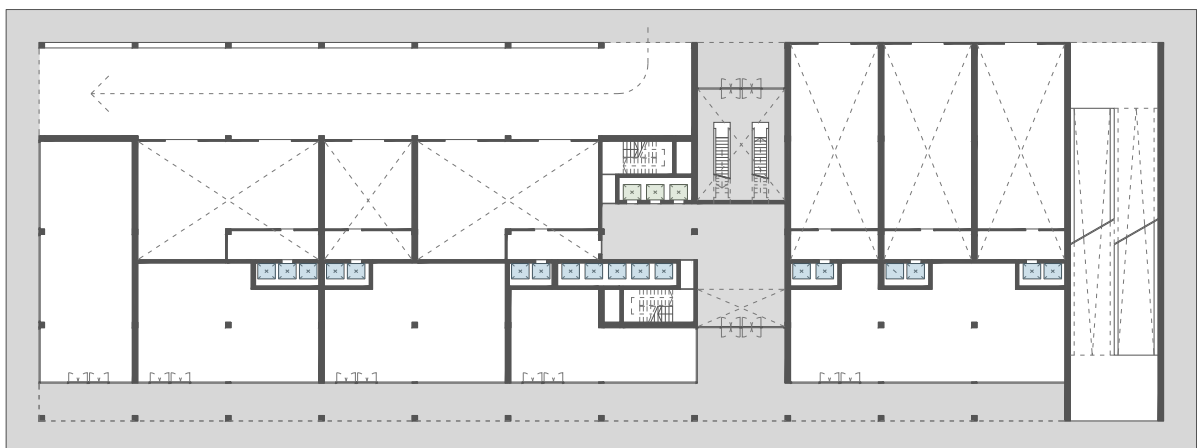
### OBIETTIVO DI PROGETTO

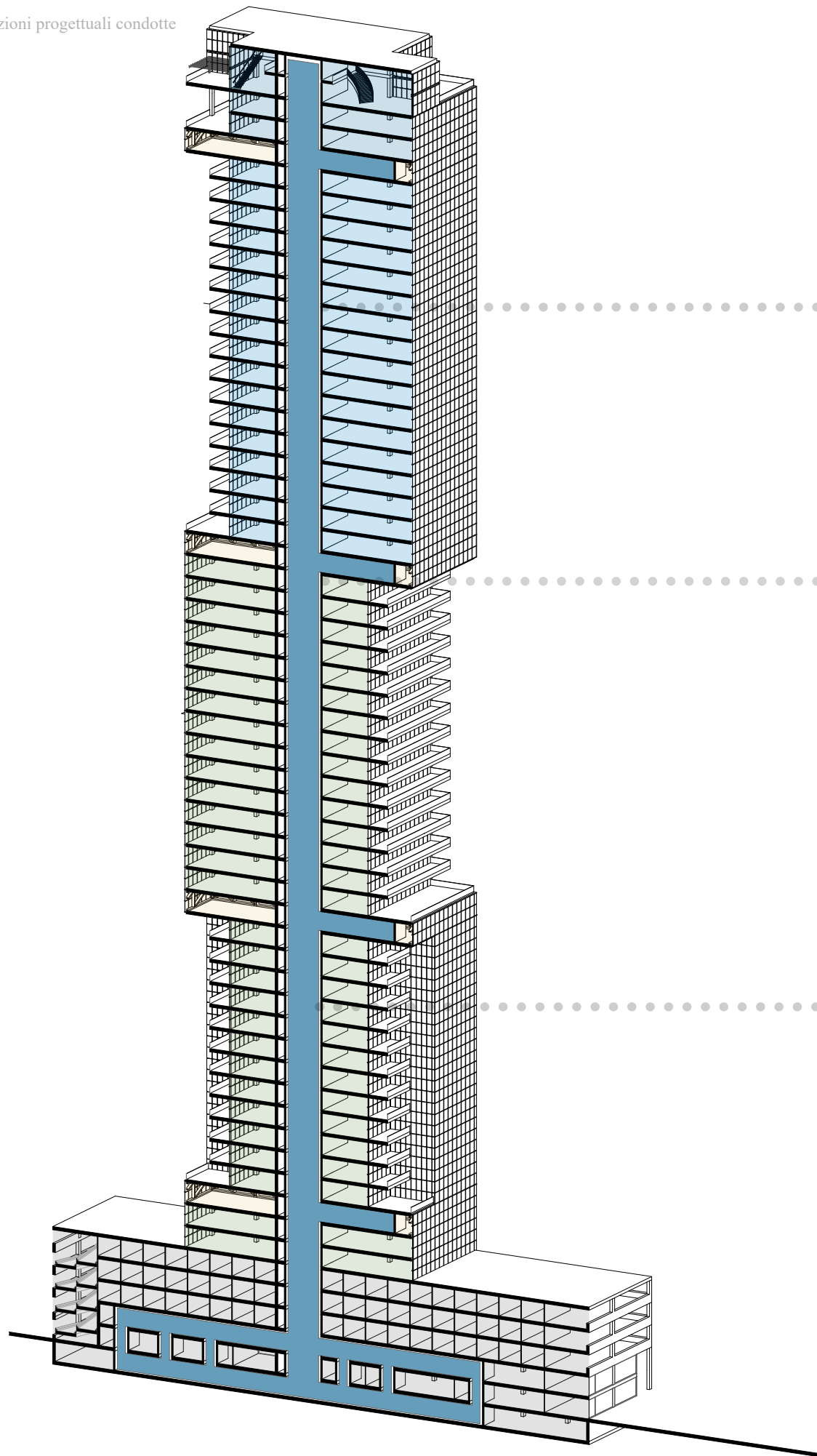
*pagina precedente*

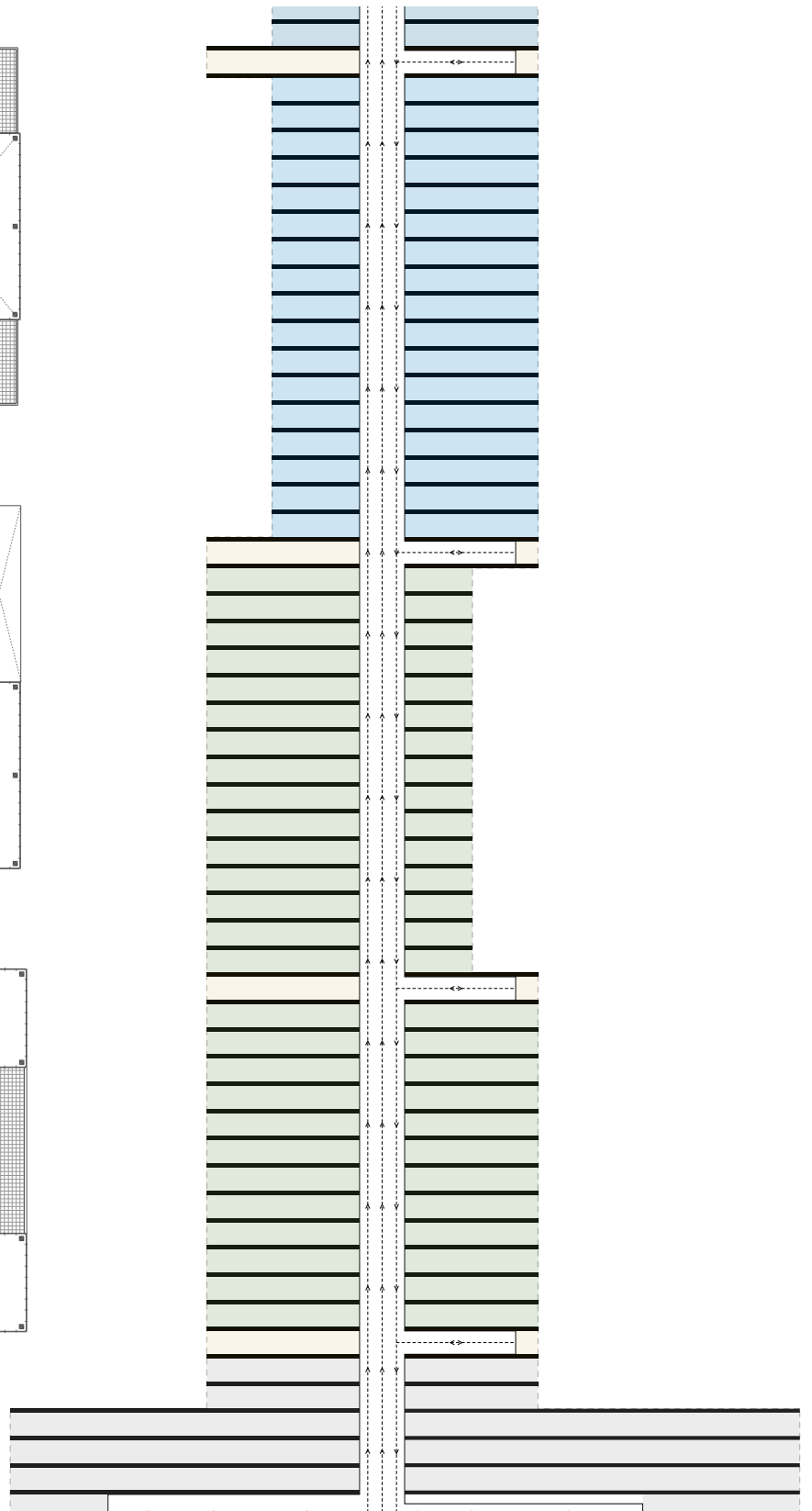
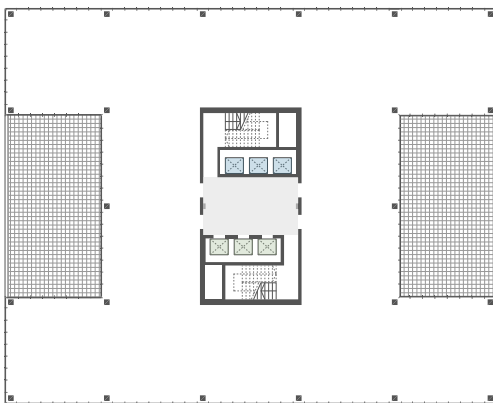
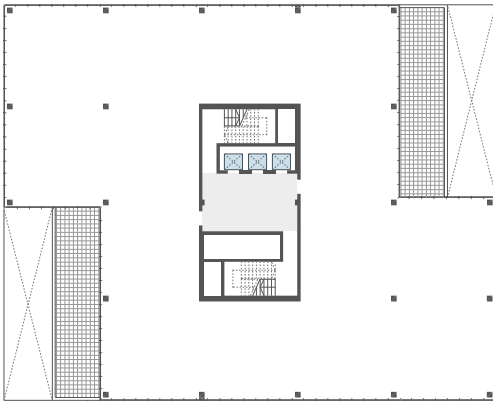
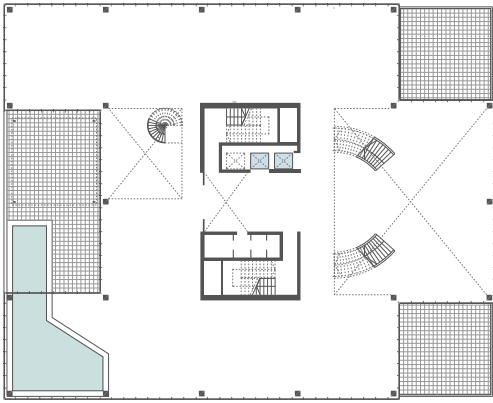
**Figura 1:** Rappresentazione assometrica dell'edificio inserito in un ipotetico contesto di riferimento. In giallo e verde sono indicati i due circuiti che servono, rispettivamente, la porzione inferiore e superiore in cui è organizzato l'edificio.

### AREA DI PROGETTO

**Figura 2:** La lobby di ingresso è organizzata su due livelli, riportati in figura. Come si vede le cabine verdi, che servono i piani più alti dell'edificio, sono raggiungibili tramite le scale mobili.







## DESCRIZIONE

Il progetto consiste quindi in una torre residenziale che si innesta su un podio di 5 piani. Il podio, che ricalca la conformazione del lotto, ospita garage e parcheggi privati, destinati ai residenti. La torre, come si vede dai disegni, è poi organizzata in tre sezioni sovrapposte, scandite dalla presenza di un piano tecnico che ospiterà struttura, impianti e, come si vedrà più avanti, una zona dedicata interamente alla gestione e manutenzione del sistema di trasporto. La prima e la seconda sezione dell'edificio sono pensate per ospitare 4 appartamenti per piano, come mostra il piano tipo. La terza sezione, invece, prevede solo due appartamenti più grandi per ogni livello, come si vede nel disegno. Gli ultimi piani dell'edificio, invece, ospitano due appartamenti di lusso uno su un solo livello, e che occupa l'intera superficie, e il secondo che invece si sviluppa lungo due piani successivi, come si vede in disegno.

Infine, come si vede dalle piante riportate, per quanto si debbano considerare indicative, i livelli dei garage presentano box auto di diverse dimensioni. Quelli più piccoli sono pensati per gli appartamenti convenzionali, mentre quelli doppi e di generose dimensioni per quelli di superficie maggiore. Come si può già notare, le cabine raggiungono direttamente alcuni dei garage di maggiori dimensioni. Nell'ottica dell'obiettivo di questo progetto sperimentale, infatti, si è pensato di fornire un ulteriore servizio di lusso ai proprietari delle penthouse. Per questo motivo, come si vedrà in seguito, le cabine private possono raggiungere direttamente il garage di proprietà.

## PROGETTO DI CIRCOLAZIONE

Come si vede dai disegni, il core dell'edificio si compone di due batterie di ascensori composte da tre linee di trasporto ciascuna. Una batteria è dedicata esclusivamente alle prime due sezioni della torre, mentre l'altra alla sezione superiore. In quest'ultima, come si vedrà, viaggiano anche – e con diritto di precedenza – le cabine private. Tutte le linee si muovono sia verso l'alto che verso il basso, in questo caso non ci sono distinzioni rispetto al verso di moto. Ci saranno però delle indicazioni luminose che informano gli utenti della direzione in cui si sta muovendo la cabina, come che accade anche oggi, in modo che possano capire se utilizzarla o aspettare la successiva. Il vantaggio portato dal sistema rope-less, in questo specifico caso, non è solo il poter privatizzare il trasporto ma anche di poter far viaggiare più cabine contemporaneamente lungo lo stesso tracciato. Il core non è stato oggetto di dettagliata progettazione, gli spazi accessori non sono stati pensati e progettati, visto che questo non era l'obiettivo principale. Per quanto riguarda l'inserimento di un montacarichi, cosa necessaria soprattutto in un edificio del genere, sebbene si sia pensato di non inserirlo per i motivi appena detti, dall'altro è stato proposto di concepire una cabina più grande che possa agganciarsi a due linee di trasporto parallele e affiancate. Questo permetterebbe ad una cabina di maggiori dimensioni di entrare nel circuito solo quando e se necessario, e di rimanere parcheggiata in aree apposite per il resto del tempo, permettendo un consistente risparmio di spazio nella progettazione del core.

L'utilizzo di tre linee è stato necessario anche nell'ottica della sicurezza

e dell'efficienza dell'impianto generale. Infatti, nel caso in cui un'intera linea o una porzione di essa siano temporaneamente fuori uso, le cabine possono continuare a viaggiare lungo le altre due linee e l'interscambio tra di esse sarà comunque assicurato dai numerosi punti di scambio previsti lungo l'estensione del circuito.

Le aree di sosta e manutenzione sono state comunque previste, come accennato in precedenza, in corrispondenza di ogni piano tecnico. In questi punti, in locali tecnici appositi, le cabine possono essere parcheggiate in attesa di entrare nel circuito e, venendo appositamente attrezzati, possono anche essere utilizzati come spazi di lavoro per riparazioni e manutenzioni. Un'area di parcheggio e manutenzione è prevista anche al livello interrato, dove si trovano altri parcheggi e, appunto, spazi tecnici. I punti interessanti di questo progetto sono:

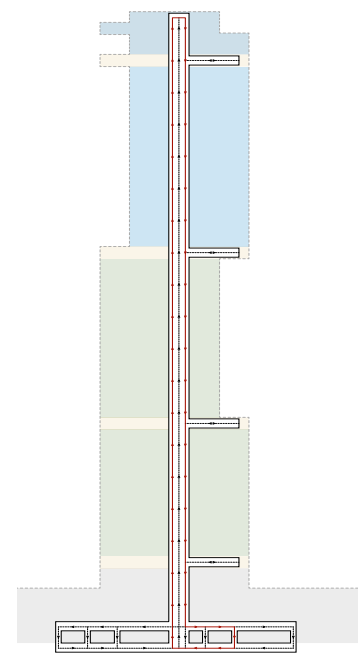
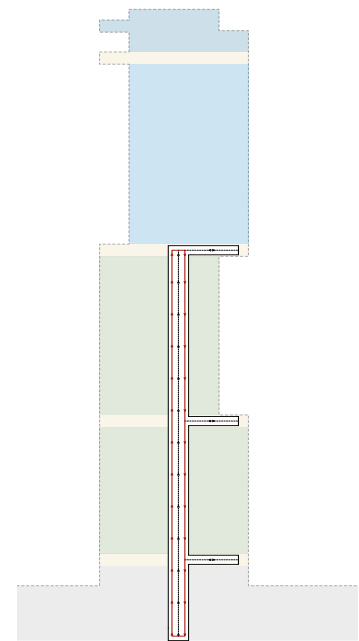
1. Progettazione della lobby di ingresso
2. Servizio ai garage
3. Privatizzazione del servizio.

Per quanto riguarda la lobby, come si vede nelle piante, si tratta di uno spazio organizzato su due livelli messi in comunicazione da scale mobili. Al livello inferiore si trova l'area di carico e scarico della batteria di ascensori che serve le sezioni più alte dell'edificio. La batteria per le sezioni inferiori, invece, si trova al secondo livello. Le cabine di pertinenza sono evidenziate in colori differenti in tutti i disegni di progetto riportati. Sempre in corrispondenza dei piani tecnici e a piani alterni lungo le linee dell'intero edificio, sono stati collocati degli punti di scambio, per permettere alle cabine di:

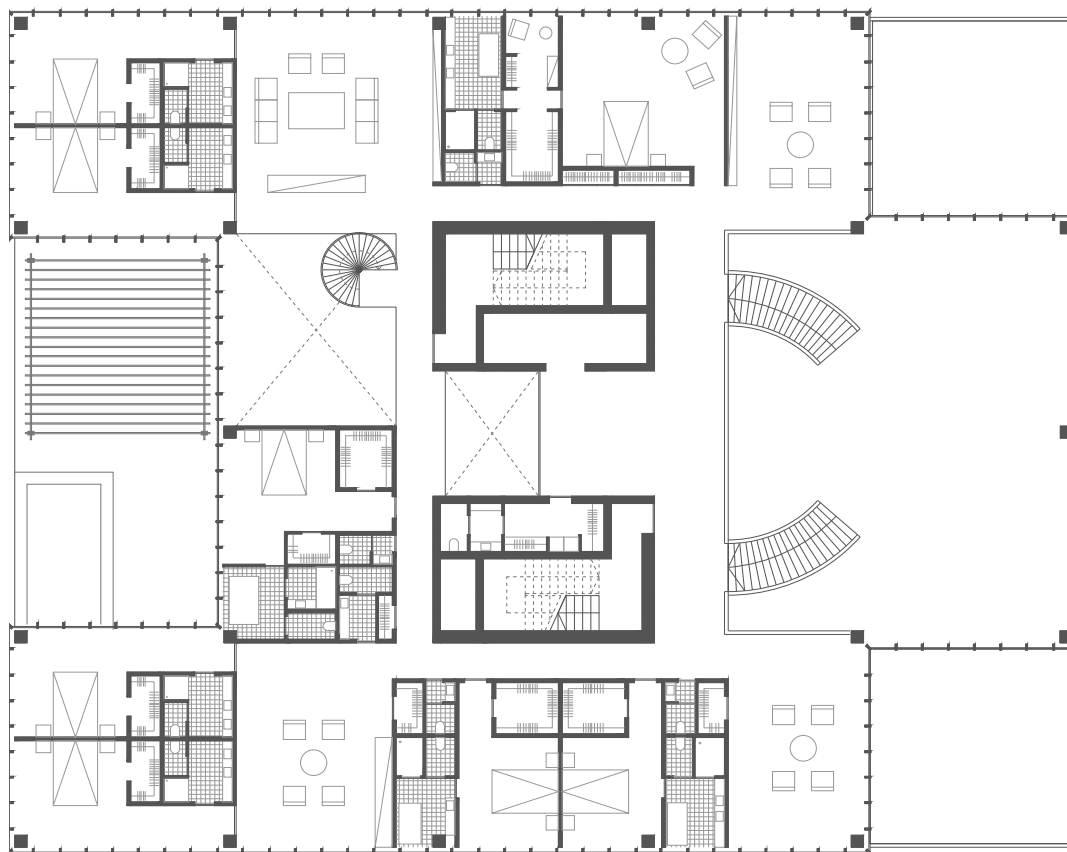
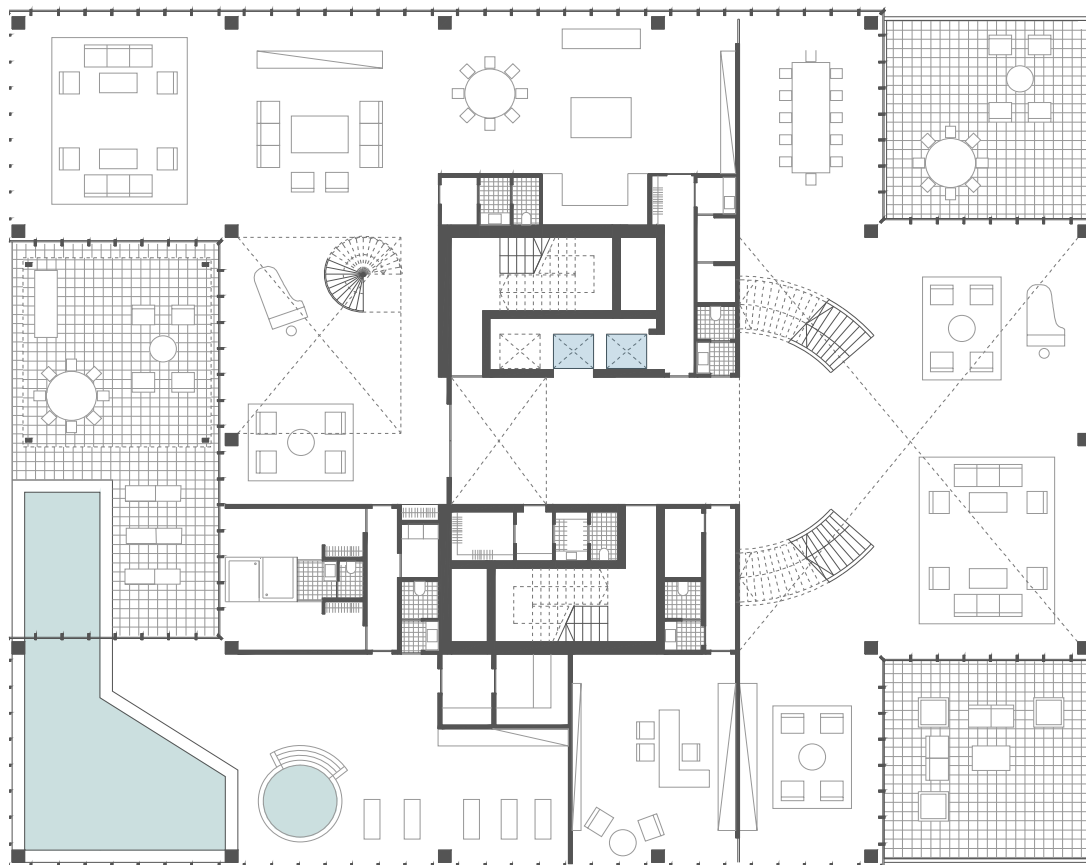
- Invertire il senso di marcia,
- Superare (in salita o in discesa) altre cabine lungo la linea in cui si trovano, per poter effettuare il servizio in modo efficiente e senza eccessivi tempi di attesa.

Come si vede in sezione, il sistema di distribuzione nei livelli del basamento dedicati ai garage si ramifica sia in orizzontale che in verticale in alcuni punti. Le colonne verticali sono collocate in corrispondenza di punti di accesso ai box auto privati, in modo che i proprietari possano raggiungerli direttamente. Le cabine private raggiungono direttamente una zona di ingresso pensata all'interno del garage, dove le cabine possono anche essere parcheggiate o in attesa di essere utilizzate dal proprio proprietario. Lo spazio è abbastanza grande per accogliere più cabine.

Passando ora al sistema privatizzato di trasporto. Come accennato prima la cabina può essere personalizzata con finiture e apparecchiature tecnologiche a seconda delle esigenze. In primis, si potrebbe prevedere un sistema di comando remoto che permetta, magari tramite una app sul telefonino, di avvisare la cabina del proprio arrivo, in modo che si faccia trovare pronta in uno dei punti previsti: garage, lobby di ingresso, ingresso di casa. Una volta raggiunta, sempre tramite un sistema di controllo automatico, che potrebbe essere una chiave o una



**Figura 4:** Rappresentazione schematica dei due circuiti che servono l'intero edificio. Sulla sinistra quello cui è affidato il trasporto delle due sezioni inferiori di appartamenti e, sulla destra, quello più esteso. Lungo quest'ultimo le cabine private possono andare direttamente dal parcheggio di proprietà all'ingresso dell'appartamento.





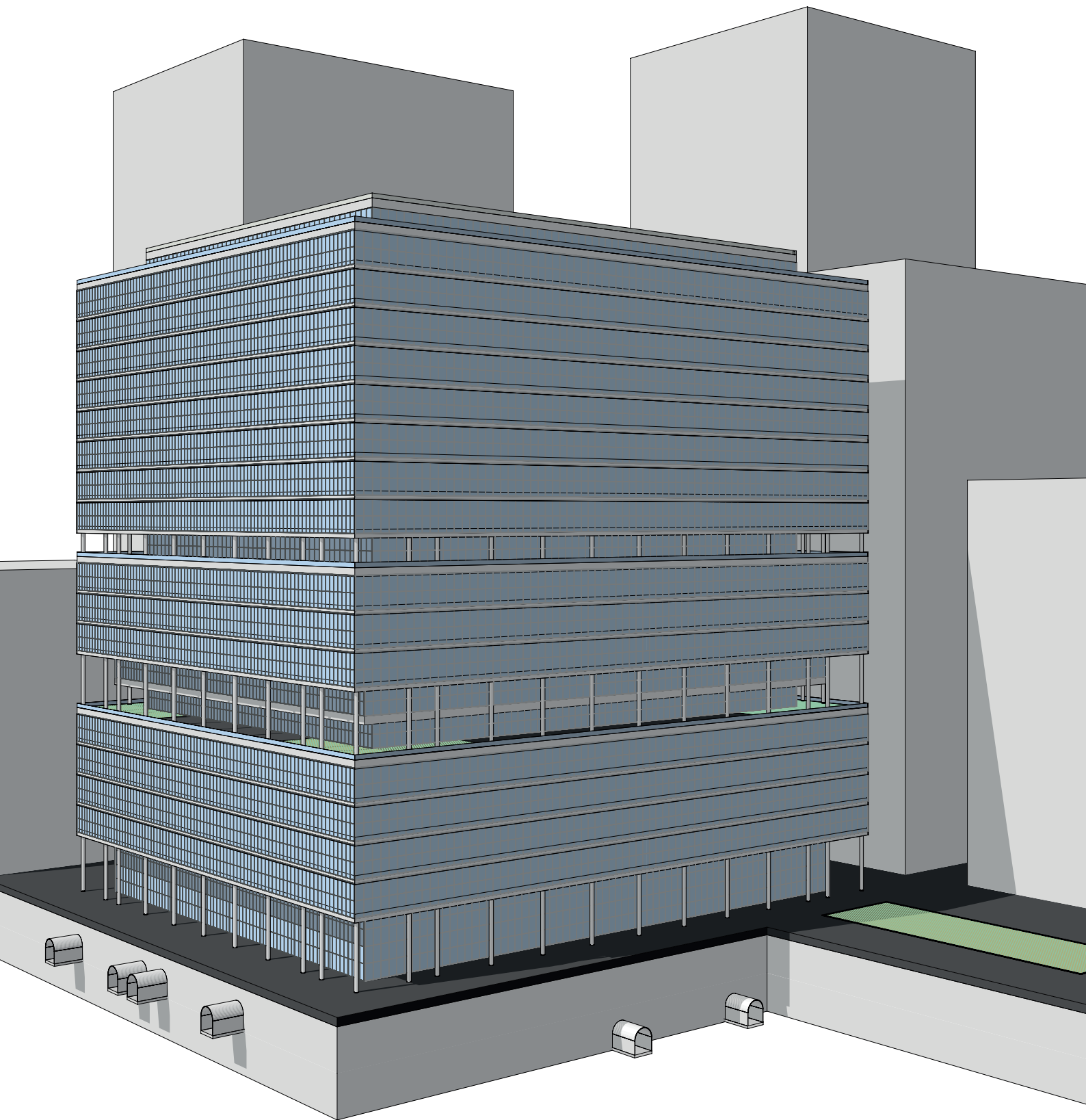
tessera magnetica, la cabina può essere attivata e quindi utilizzata solo dal legittimo proprietario. All'interno, inoltre, potrebbe essere installato uno schermo interattivo che permetta di svolgere alcune funzioni durante il tragitto, dal leggere il giornale, controllare l'andamento della borsa o il meteo, leggere la posta, e prenotare ristoranti o altri appuntamenti. Raggiunto il proprio appartamento la cabina permette di entrare direttamente nell'atrio principale. È stato poi sviluppata un'ipotesi di schema distributivo facendo riferimento alle piante dei recenti appartamenti di lusso che stanno nascendo nel centro di Manhattan. Spazi generosi, lusso e ogni comfort. Costante importante, che si è cercata di mantenere anche qui, è la presenza di personale che si occupa della gestione della casa, gli inservienti. In questo caso, anche gli inservienti e lo staff ha una cabina privata che può sempre essere presa dagli stessi punti di quella del padrone dell'appartamento ma, a differenza di quest'ultima, una volta raggiunto il piano dell'appartamento essa slitta orizzontalmente e si apre in un locale dedicato dove si trovano spogliatoi, magazzini e che è in diretta comunicazione con la cucina.

L'idea di privatizzare il servizio è stata molto apprezzata e potrebbe essere un ulteriore incentivo per grandi developer e proprietari che acquistano grandi appartamenti di lusso e che, quindi, potrebbero vedere in questa ulteriore servizio un valore aggiunto. Inoltre, sebbene in questo caso sia stato studiato per un preciso livello sociale, l'idea di avere cabine separate che possono essere immesse nel circuito quando e se necessario potrebbe risultare interessante e utile anche in altri contesti. Si pensi, per esempio, se fosse possibile attrezzare una cabina per il primo soccorso. In caso di necessità questa cabina potrebbe essere immessa nel circuito e raggiungere quella temporaneamente bloccata per varie ragioni o raggiungere il piano da cui è partita la chiamata di soccorso.

*pagina precedente*

**Figura 5:** Organizzazione ipotetica della Penthouse collocata agli ultimi piani dell'edificio. Si organizza su due livelli consecutivi, serviti entrambi dalle cabine private in dotazione all'appartamento. Inoltre, come si vede sulla destra, la conformazione del core prevede un'area di parcheggio della cabina e un'entrata diretta per lo staff.

**Figura 6:** Una vista dall'interno dell'appartamento verso la lobby di ingresso della Penthouse.





## 6.2.6 Paternoster 2.0, Hong Kong - Belmonte

Come nel caso precedente anche questo progetto è sviluppato all'interno del gruppo di ricerca. In questo caso l'idea, come suggerisce il titolo del progetto, è stato di applicare il vecchio principio del paternoster utilizzando ascensori rope-less per gestire un edificio ad altissima densità. Nello specifico l'idea è di inserire in uno stesso edificio: uffici, un mall commerciale, un museo e un teatro, includendo, una stazione dei treni ai piani sotterranei.

Essendo anche questo un esempio di applicazione ipotetica del sistema di trasporto innovativo in esame, il contesto di inserimento non è stato definito. Tuttavia, si è deciso di fare riferimento al caso della stazione Shibuya a Tokyo, una delle più grandi al mondo. Inoltre, al momento, il contesto circostante è interessato ad un intervento di riqualificazione e rifacimento, per cui l'idea sarebbe quella di inserire l'edificio al di sopra della stazione e di integrarla ad esso.

L'edificio è un enorme cubo di 120 metri di lato, realizzato direttamente sopra la linea di treni più alta della stazione di Shibuya, con cui si è deciso di creare un collegamento visivo tramite un grande foro al piano terra. I livelli sotterranei della stazione, che si sviluppa per vari piani sottoterra, sono collegati al piano di ingresso principale tramite scale mobili e montacarichi. L'edificio, come si vede in disegno, presenta poi un grande vuoto centrale attorno a cui si organizzano e affacciano i vari livelli. ad interrompere questo vuoto, sono due scatole appese alla reticolare che costituisce i due piani tecnici, che contengono una sala cinema e un teatro. La sezione inferiore dell'edificio ospita il grande mall commerciale e alcuni piani di edifici per la gestione amministrativa. La sezione superiore, invece, un museo con sale espositive e un giardino botanico sul tetto.

### OBIETTIVO DI PROGETTO

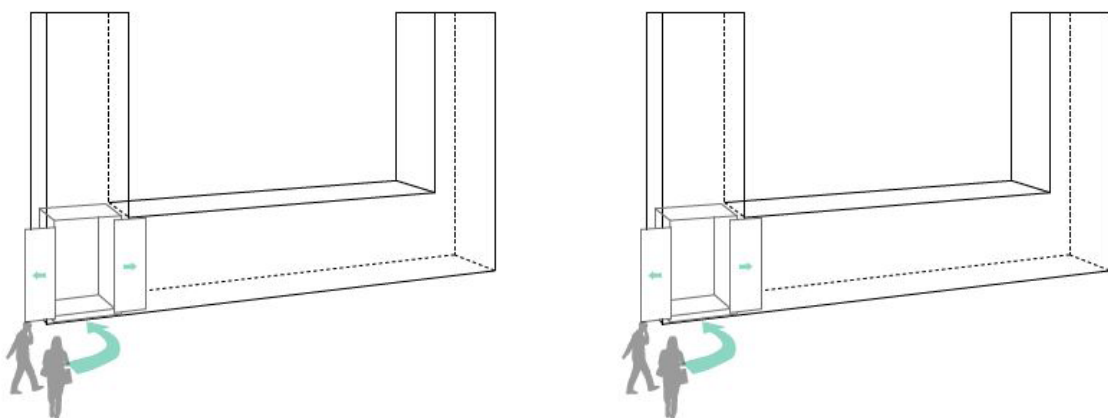
### AREA DI PROGETTO

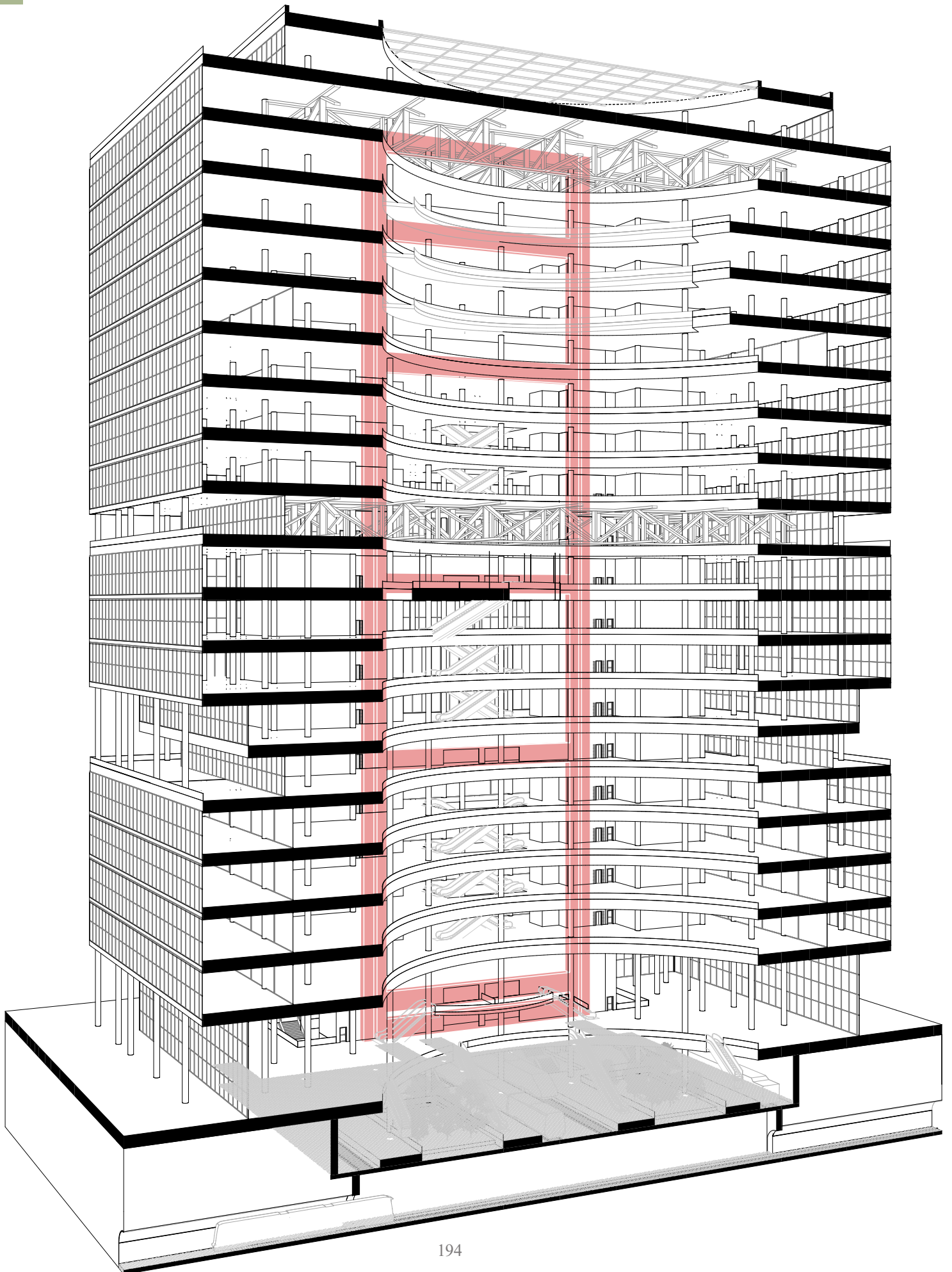
### DESCRIZIONE

*pagina precedente*

**Figura 1:** Rappresentazione assonometrica dell'edificio inserito in un ipotetico contesto di riferimento. In giallo e verde sono indicati i due circuiti che servono, rispettivamente, la porzione inferiore e superiore in cui è organizzato l'edificio.

**Figura 2:** La lobby di ingresso è organizzata su due livelli, riportati in figura. Come si vede le cabine verdi, che servono i piani più alti dell'edificio, sono raggiungibili tramite le scale mobili.





Il sistema di circolazione dell'edificio si compone di ascensori rope-less e scale mobili. Per prima cosa, come si vede nei disegni di progetto, ci sono due circuiti identici collocati lungo due lati opposti dell'edificio. Questo per permettere di gestire l'intera popolazione prevista per questo edificio. Questi circuiti sono circolari e una colonna è dedicata al moto in salita ed una a quello in discesa, come accadeva per il paternoster. A differenza dell'impianto di riferimento, però, i due vani dedicati ai due moti inversi sono molto distanti tra di loro, quasi agli angoli dell'edificio. Questo è reso possibile grazie alla capacità dei sistemi rope-less di seguire tracciati orizzontali. La parte centrale di questo elemento orizzontale, come si vedrà, è destinata in alcuni punti al carico e scarico dei passeggeri.

I punti salienti di questo progetto sono:

1. Area e modalità di carico,
2. Organizzazione in settori,
3. Modalità di servizio.

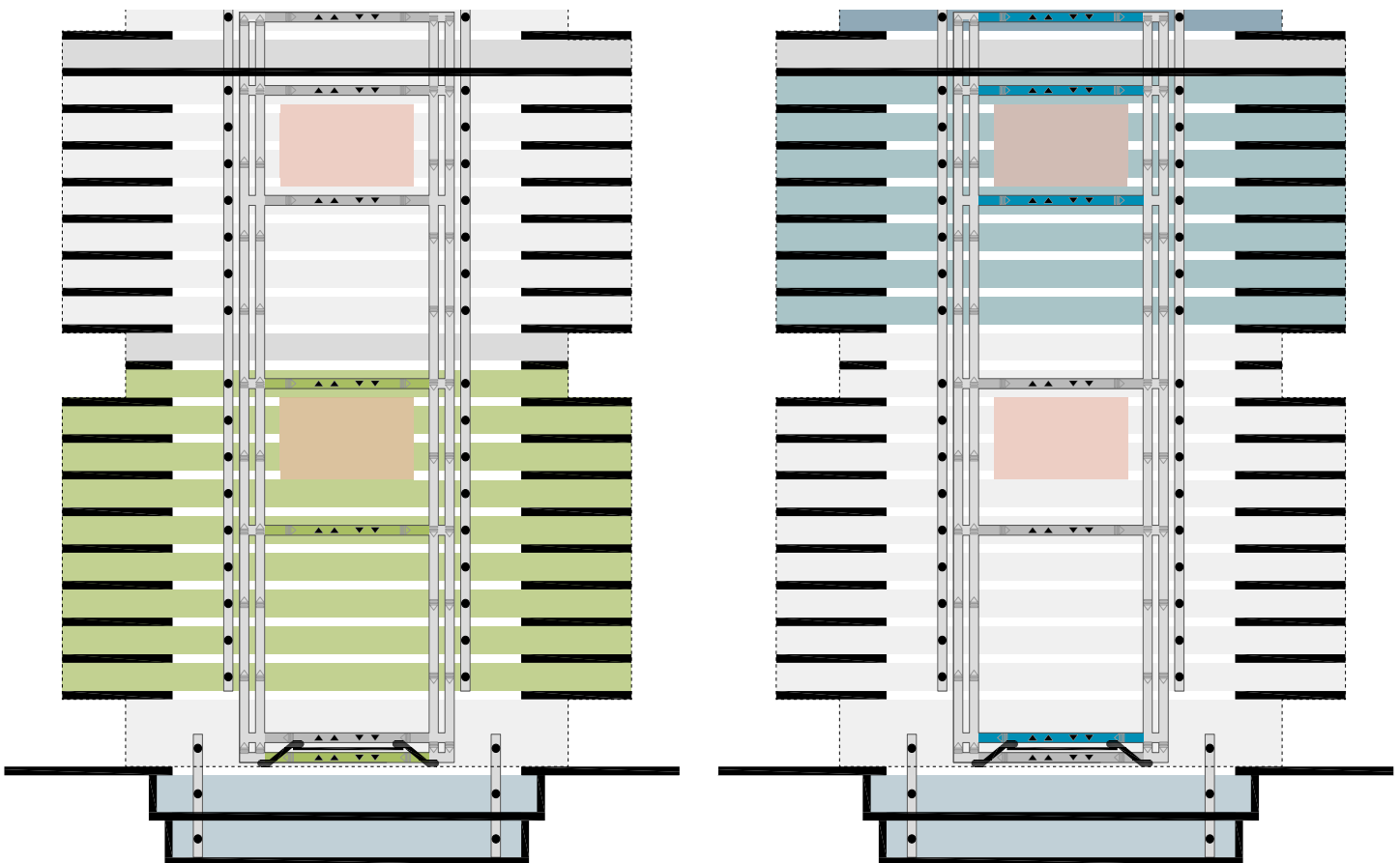
Per prima cosa occorre sottolineare che i due settori in cui è organizzato l'edificio hanno cabine separate, seppur integrate all'interno dello stesso circuito. Questo grazie ad una distinzione su due livelli dell'area di carico. Come si vede in figura, l'area prospiciente le porte delle cabine è su due livelli, quello superiore collegato tramite scale mobili. Il livello inferiore è raggiunto dalle cabine che servono la sezione più

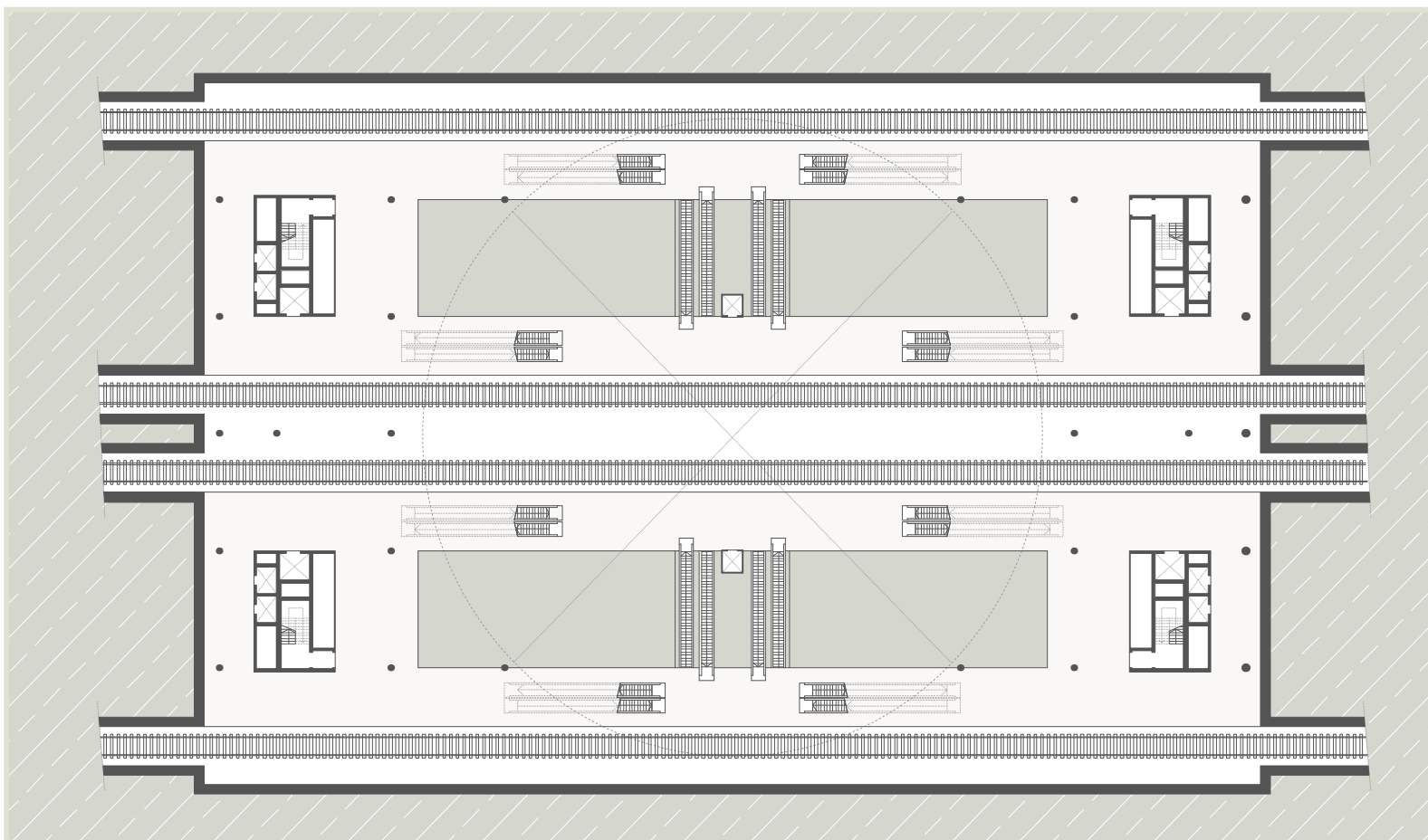
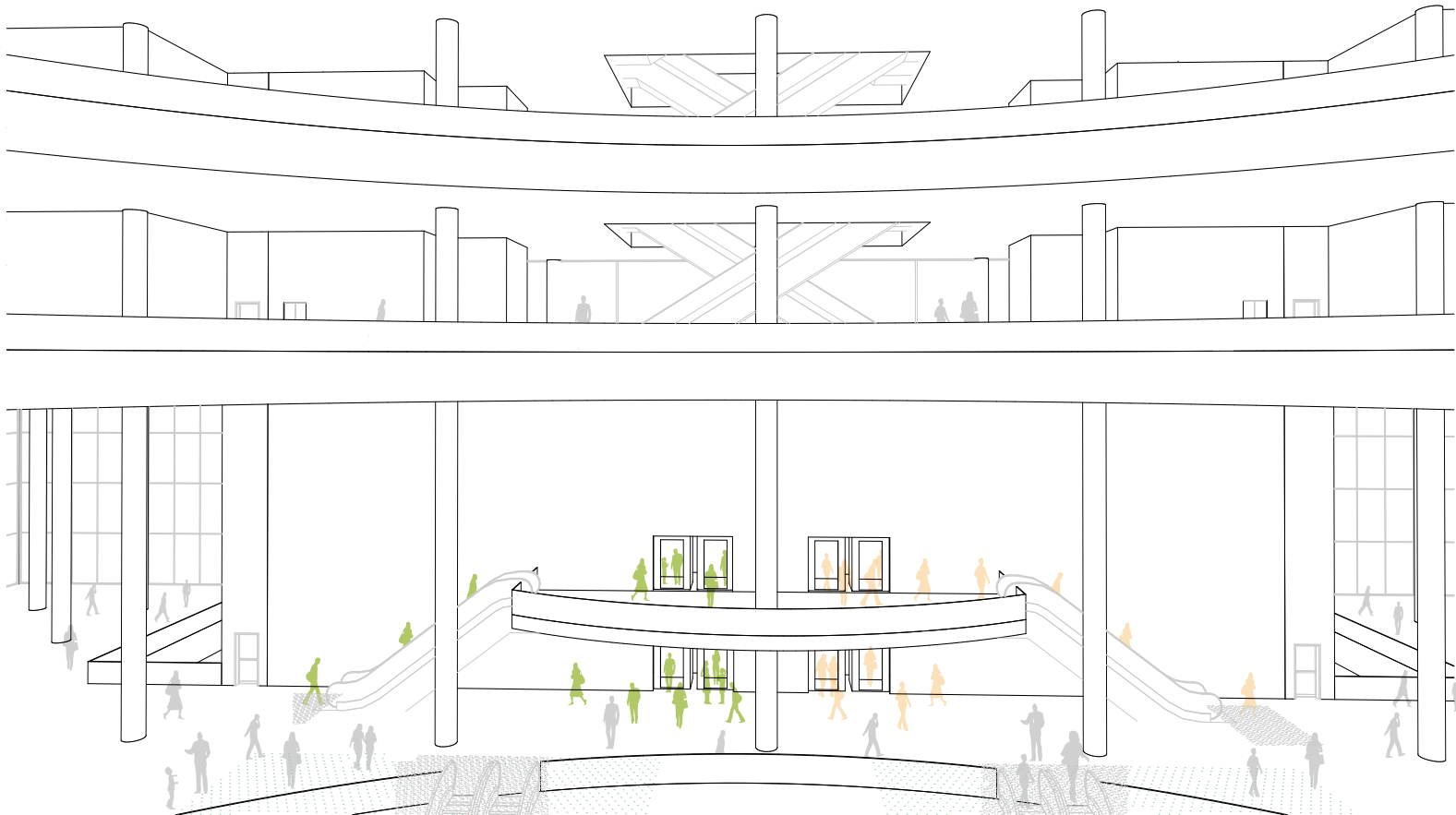
## PROGETTO DI CIRCOLAZIONE

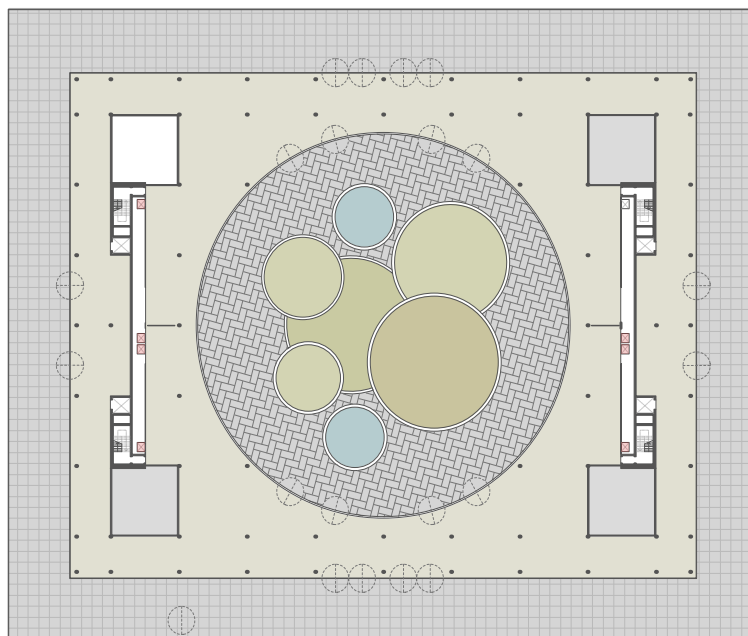
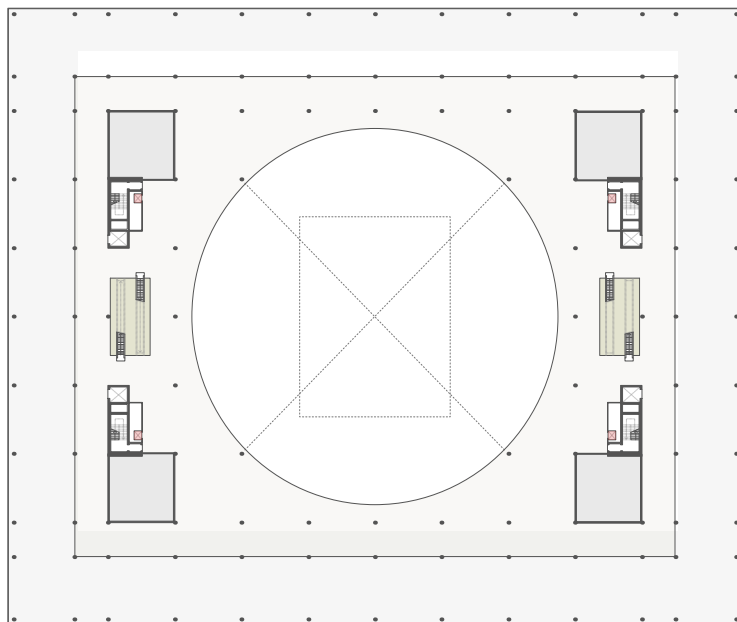
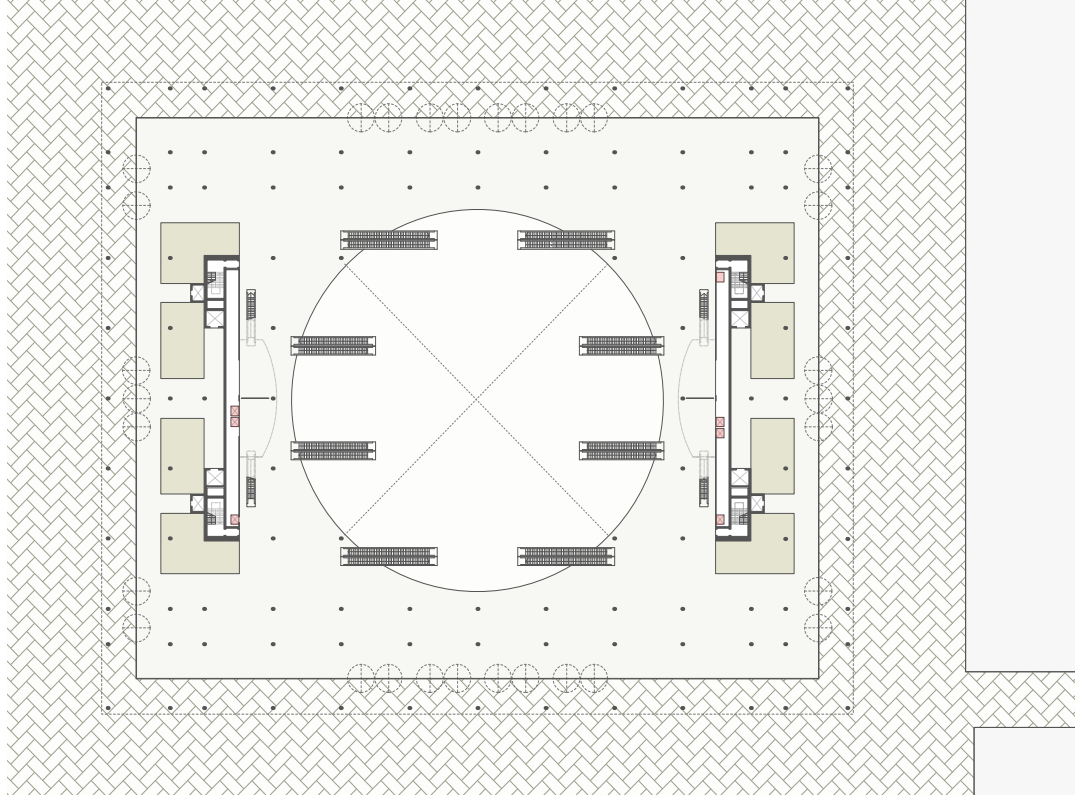
*pagina precedente*

**Figura 3:** Spaccato assometrico dell'edificio sezionato al centro, in verde in trasparenza il sistema di circolazione interno. Il disegno mostra la complessità degli spazi interni e individua i collegamenti orizzontali in corrispondenza dei quali avviene la fase di salita e discesa dei passeggeri.

**Figura 4:** Rappresentazione dei circuiti di trasporto dedicati, rispettivamente cominciando da sinistra, alla sezione inferiore dell'edificio e, sulla destra, le linee di trasporto per la sezione superiore. Le frecce indicano le direzioni di moto e i pallini le fermate consentite.







*pagina precedente*

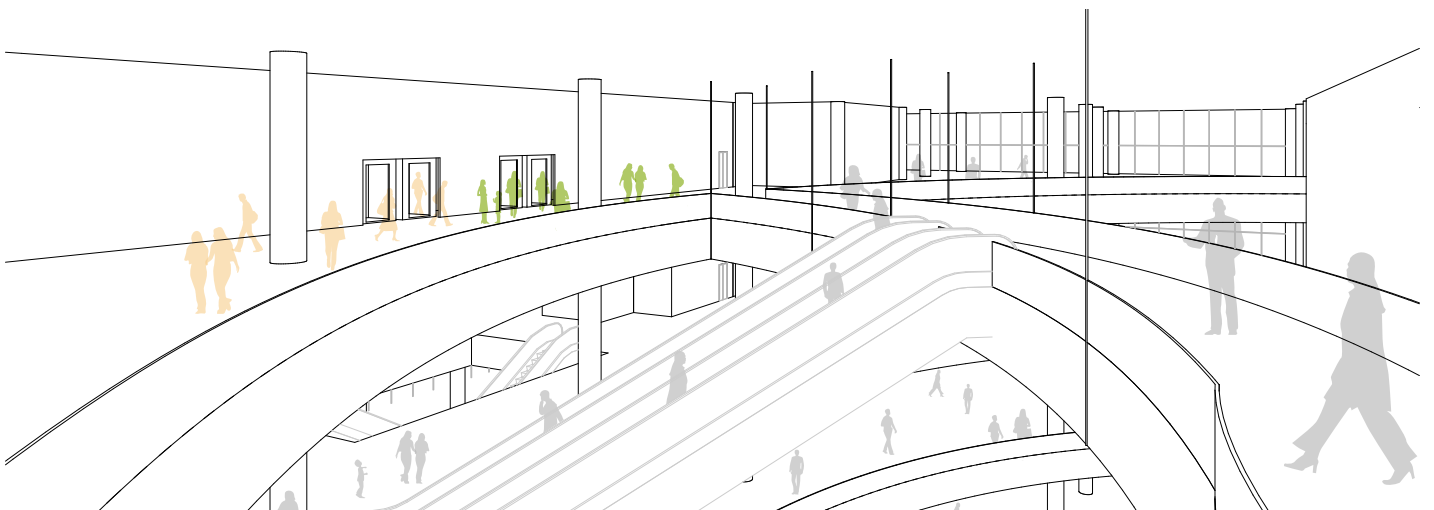
**Figura 5:** Sopra una vista dell'articolazione dell'area di carico e scarico passeggeri in corrispondenza di una delle lobby di smistamento. Sotto la pianta del piano interrato che connette l'edificio alla linea di trasporto sotterranea.

**Figura 6:** Piani tipo di riferimento, procedendo dall'alto: schema distributivo del piano terra di accesso principale all'edificio, piano intermedio e ultimo piano, dedicato ad ospitare un tetto giardino parzialmente chiuso e un terrazzo panoramico.

**Figura 7:** Rappresentazione in sequenza delle fasi di carico e scarico in corrispondenza di uno dei piani di scambio da cui i visitatori possono accedere agli spazi collocati nel vuoto centrale dell'edificio. Le immagini in alto, collocate in sequenza, vogliono rappresentare le operazioni di carico e scarico in progressione.

bassa dell'edificio, quindi il mall commerciale, quello superiore per la sezione dedicata al museo, al giardino botanico e al teatro.

Inoltre, entrambe queste aree sono ulteriormente distinte tra area di carico e di scarico. Le cabine viaggiano sempre abbinate e si muovono all'unisono. Per rendere ancora più efficiente questo sistema le cabine, in realtà, non si fermano mai. In prossimità dell'area di scarico, come negli impianti sciistici, le cabine rallentano tantissimo la velocità di moto, permettendo alla persone di scendere. L'effetto non è diverso da un tapis roulant e, per questo, non dovrebbe essere pericoloso o scomodo per le persone. Eventualmente, come è ovvio, ci sarà anche la possibilità di arrestare completamente le cabine, nel caso in cui sia necessario. Continuando il movimento raggiungono poi l'area di carico permettendo alle persone di salire. Se la cabina è troppo carica un segnale luminoso, che comunque conteggia il numero di posti disponibili, avviserà i passeggeri di scendere. Nel caso in cui questo non avvenisse, l'impianto si fermerebbe per sicurezza. Completato il carico, le cabine chiudono le porte e accelerano il moto, fino a raggiungere la linea verticale e cominciare quindi a salire. La direzione e il tragitto delle cabine è



prestabilito, proprio come nel paternoster, e segue il circuito progettato. Ovviamente, le cabine non effettuano quindi un servizio local a tutti i piani ma conducono i passeggeri in livelli di riferimento da cui possono poi muoversi tramite le scale mobili, o le cabine convenzionali che invece effettuano un servizio local nelle due sezioni di appartenenza.

*Figura 8: Come nella figura precedente, una rappresentazione in sequenza delle varie fasi di salita e discesa che i passeggeri compiono in corrispondenza di uno dei piani commerciali dell'edificio.*

L'idea potrebbe essere vincente soprattutto se applicata in edifici con un altissimo numero di visitatori. Effettivamente funziona come una metropolitana, seppur rifacendosi al principio del paternoster, il cui scopo iniziale era proprio quello di smaltire un consistente traffico interpiano. Il carico in orizzontale, anziché in verticale come nel paternoster, dovrebbe essere più facile da realizzare e più comodo per gli utenti. Ovviamente sia le cabine sia l'area di carico e scarico dovrebbe essere progettata in modo consono, per facilitare appunto questa modalità. L'idea, soprattutto in edifici di simili dimensioni, potrebbe essere quella di prevedere la presenza di uno o più operatori ai livelli di carico, in modo che possano essere di aiuto agli utenti in caso di necessità.







### 6.3.1 Farmscraper, Melbourne - Winki Ip (Univ. of Melbourne)

La popolazione della città di Melbourne sta continuando ad aumentare, questo andamento richiederà anche una sempre maggiore necessità di approvvigionamenti, andando a incrementare la pressione sul settore agricolo produttivo e sull'utilizzo del suolo. Allo stesso tempo, però, si registra un considerevole spostamento delle masse dalla campagna alla città, il che comporterà un incremento del consumo energetico e, di conseguenza, conseguenze negative per il bilancio ambientale. Una possibile soluzione possibile potrebbe essere l'agricoltura verticale, che permetterebbe di accompagnare e assecondare questo sviluppo urbano.

Proprio questo è il leit motiv di Farmscraper, il progetto proposto intende incorporare questa innovativa tecnica di coltivazione verticale, creando una porzione di città del tutto autosufficiente.

Farmscraper è una risposta urbana e sociale ai cambiamenti climatici in atto, che intende offrire una soluzione sostenibile per poter vivere nella sempre più popolata Melbourne.

Il progetto, situato a Elizabeth Street e Franklin Street, si compone di quattro torri terrazzate che sono state unite assieme per creare un edificio complesso e contenente varie funzioni.

Le torri ospitano aree residenziali, uffici, spazio di svago e socializzazione. Il progetto è organizzato su un impianto circolare in modo da massimizzare anche l'esposizione solare. Inoltre, il complesso combina

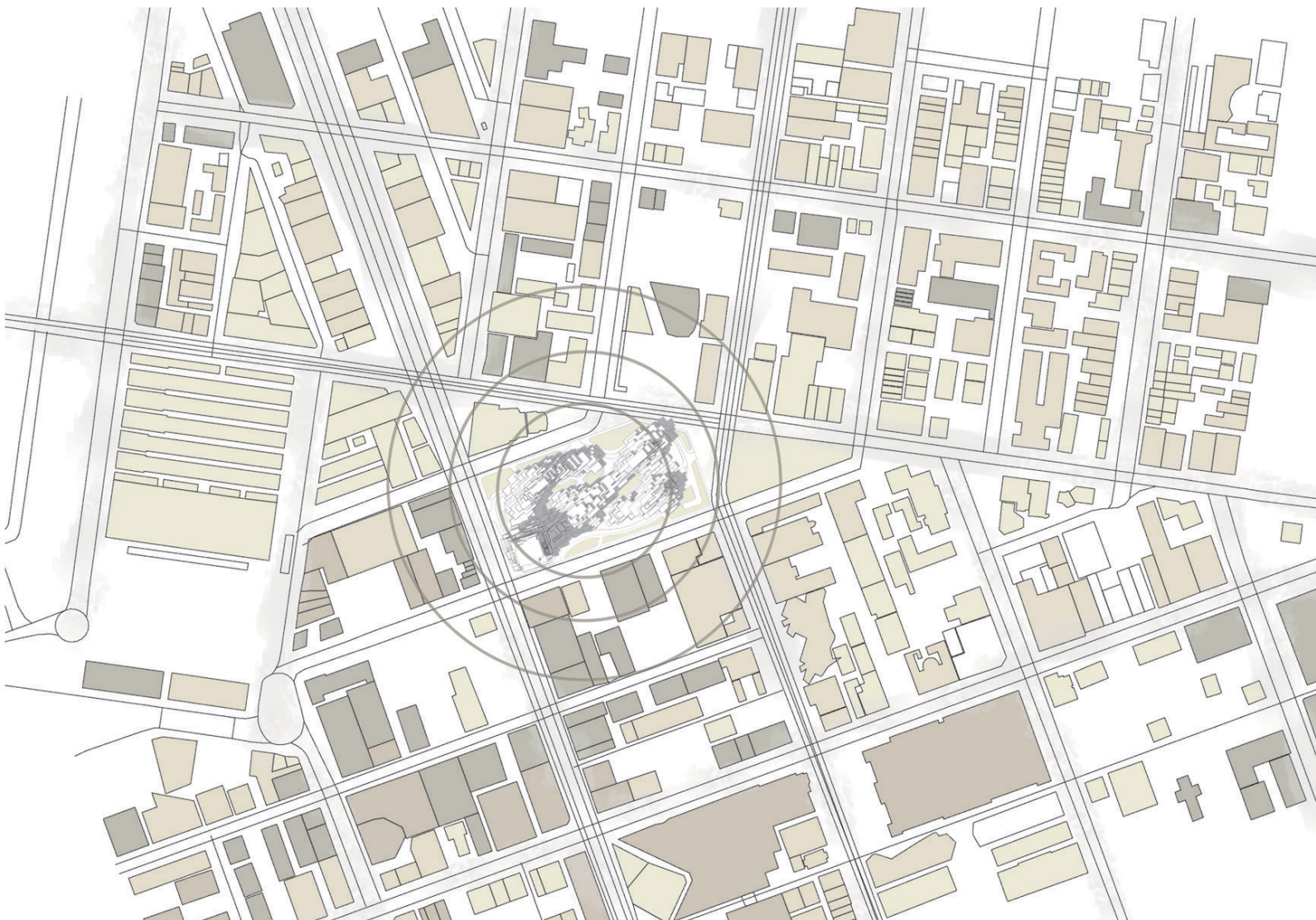
#### AREA DI PROGETTO

*pagina precedente*

**Figura 1:** Viste dell'edificio dall'esterno (immagine in alto) e dall'interno (immagine in basso). Entrambe permettono di far capire l'articolazione degli spazi e la presenza di spazi verdi a coltivazione.

**Figura 2:** Inquadramento nel contesto urbano di riferimento dell'edificio Farmscraper.

#### DESCRIZIONE



ambiente rurale agricolo e urbano. Come un olistico approccio alla vita urbana, mira a ridurre il consumo energetico e l'impatto ambientale derivanti dall'intero ciclo produttivo del settore alimentare: dalla coltivazione al trasporto finale. Questo creando spazi per coltivare e produrre, per conservare e vendere, il tutto all'interno dello stesso complesso dove gli abitanti possono anche svagarsi, tramite la presenza di teatri e spazi educativi, lavorare e vivere.

## PROGETTO DI CIRCOLAZIONE

Le conoscenze del contadino vengono unite agli avanzamenti tecnologici moderni, al fine di massimizzare l'efficienza e minimizzare i consumi e gli sprechi. L'edificio stesso è pensato e progettato per questi fini. I terrazzamenti si adattano al contesto e alla relativa esposizione solare, e i terreni di coltivazione vengono scelti in base alle esigenze dell'alimento.

I livelli più bassi, inoltre, sono stati muniti di sistemi di illuminazione integrativa, in modo da servire anche come laboratorio agricolo per sperimentazione e ricerca.

L'auto-sostentamento e la natura interdipendente di Farmascraper può essere paragonato ad una rete sociale umana – un progetto per coltivare non solo una fonte di nutrimento ma anche un senso crescente di comunità.

L'elemento chiave, come si vedrà in seguito, che ha reso possibile una simile configurazione e un livello di efficienza considerevole è stato, secondo la studentessa, l'utilizzo di un sistema di trasporto rope-less e multidirezionale. Esso, infatti, permette di muoversi all'interno dell'edificio come se ci si trovasse tra le strade di un centro urbano.

Per creare un sistema di sollevamento completamente funzionale all'interno del complesso progettato, ciascuna funzione dispone di un proprio sistema di sollevamento ad anello, consentendo quindi ad un maggior numero di passeggeri la possibilità di muoversi all'interno dell'edificio.

Il sistema permette alle cabine di muoversi in orizzontale e in verticale. Quando una cabina raggiunge un collegamento orizzontale, la parte posteriore dell'ascensore ruota di 90 gradi, consentendo alla cabina di cambiare direzione di marcia. Inoltre, visto che molte più cabine possono viaggiare contemporaneamente lungo lo stesso tracciato, lo spazio occupato dal sistema di trasporto si riduce, a favore di spazio utile.

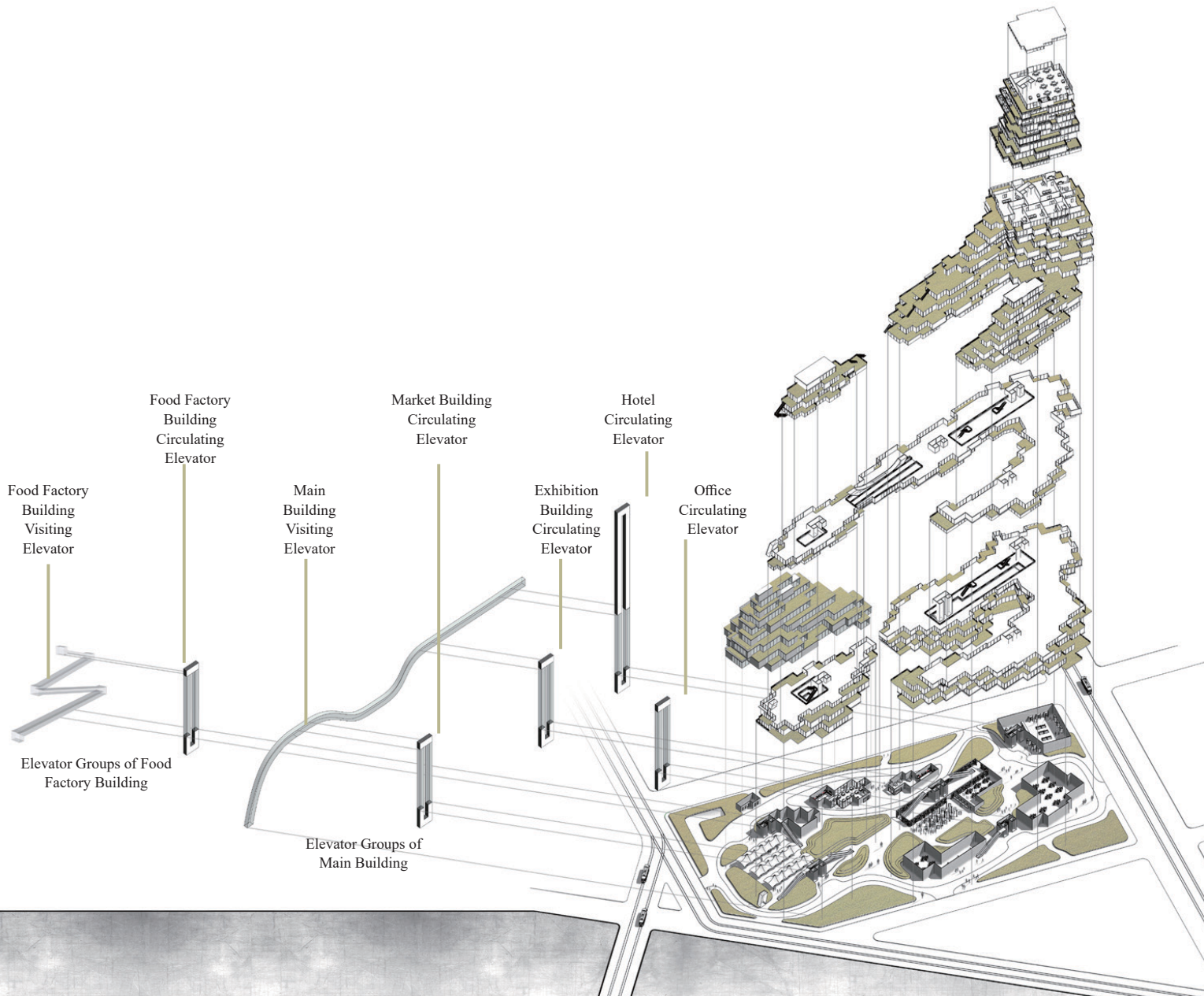
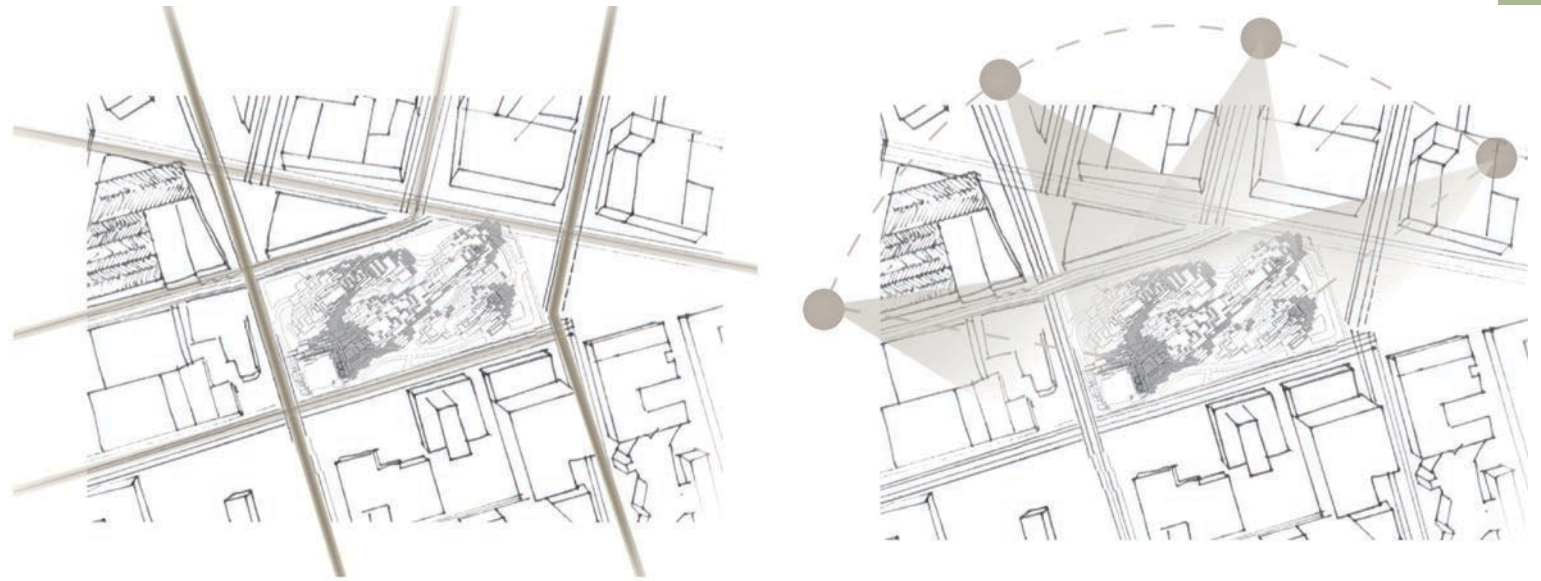
In questo progetto, la studentessa si è spinta ulteriormente oltre il già alto livello di innovazione, proponendo tracciati curvi per gli ascensori panoramici trasparenti che vengono utilizzati da visitatori per attraversare l'edificio e vedere gli spazi di produzione, i laboratori e arrivare poi all'area mercato. Come si vede dall'immagine, gli altri circuiti sono nettamente distinti da quello turistico e dagli altri ed ognuno è destinato a servire una specifica funzione.

*pagine seguenti*

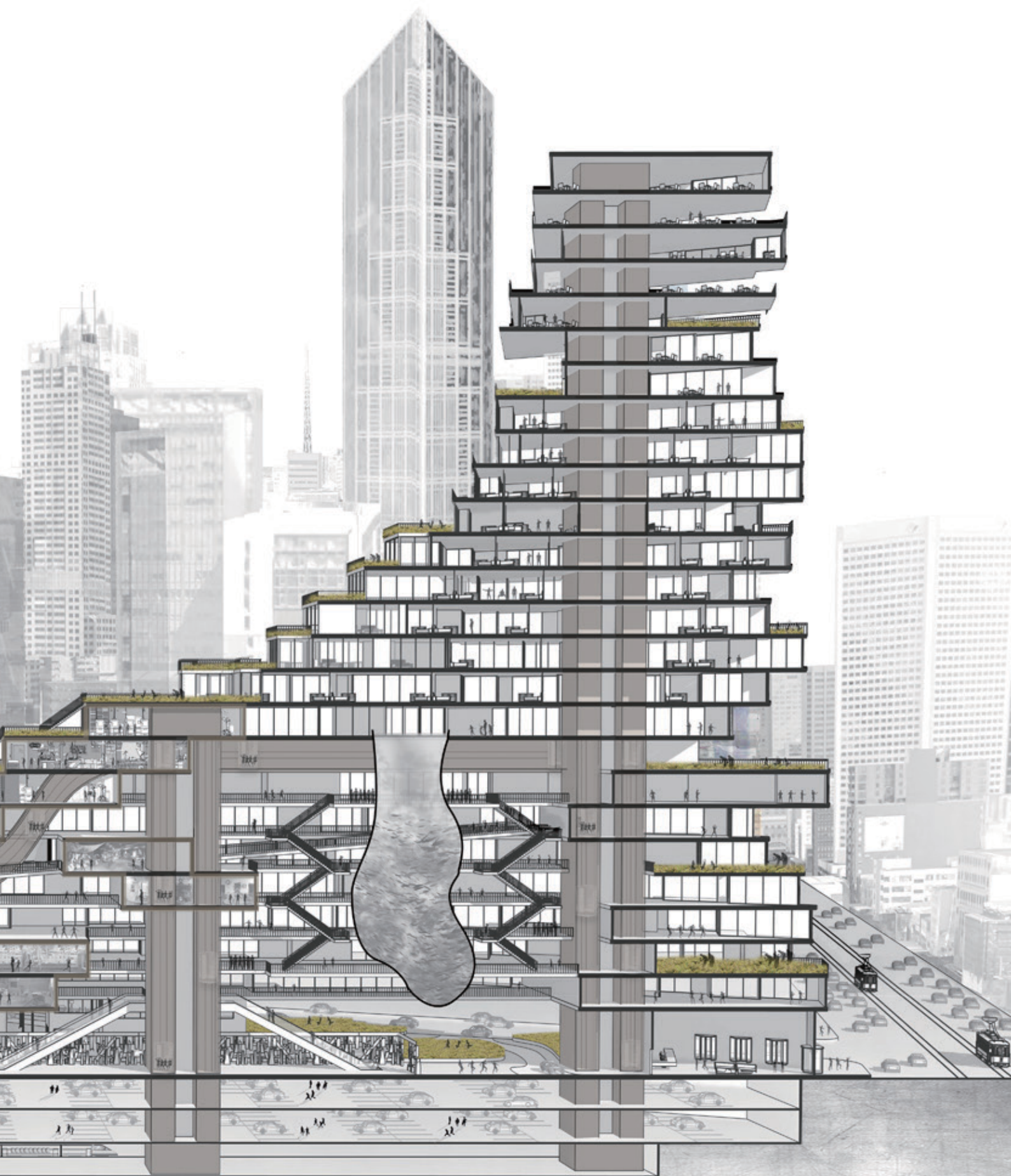
**Figura 3:** Fasi di analisi del contesto in cui si inserisce il progetto. L'immagine a sinistra studia la viabilità all'intorno dell'area di progetto e quella a destra l'esposizione solare, fattore che ha influenzato in modo determinante la conformazione formale dell'edificio visto la destinazione d'uso.

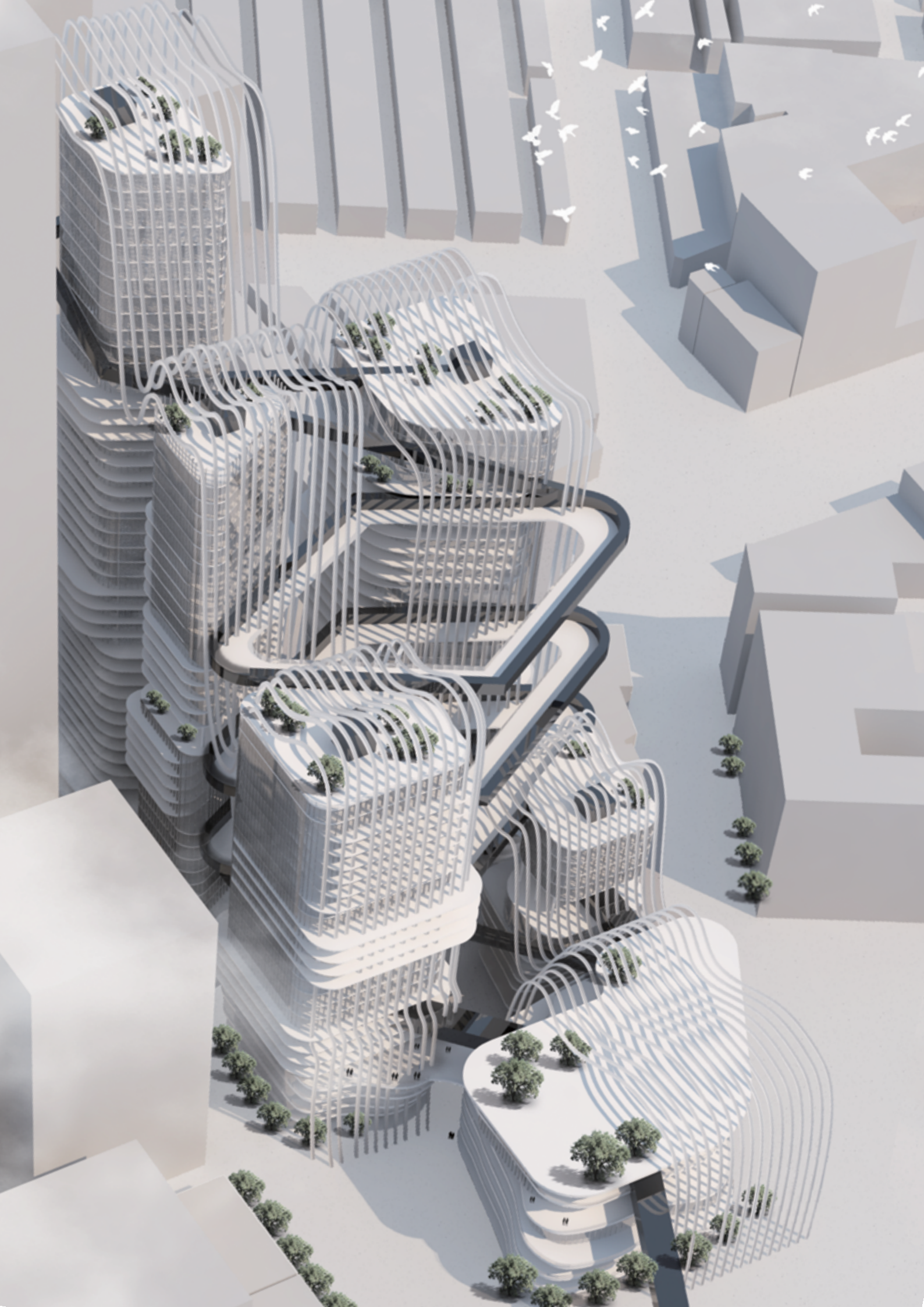
**Figura 4:** In questo disegno si vuole rappresentare la complessità del progetto ponendo l'attenzione sui diversi dispositivi inseriti per permettere la circolazione all'interno del progetto.

**Figura 5:** Sezione longitudinale dell'intero intervento in corrispondenza di uno dei circuiti di trasporto previsti per il funzionamento dell'edificio. La sezione è molto interessante e permette di avere una visione complessiva della complessità del progetto, degli spazi previsti e delle relazioni create tra di questi, rese possibili dal sistema di trasporto progettato.









### 6.3.2 Twist, Melbourne - Yining Zhang (Univ. of Melbourne)

Il presupposto di questo progetto è la mancanza di spazi verdi nella città di Melbourne. Spazi in cui la crescente densità urbana della città venga interrotta e permetta agli abitanti di respirare e di godere dei benefici del verde. Nasce quindi l'idea di creare un edificio che includa questa possibilità, fornendo quindi uno spazio verde di socializzazione integrato a quello urbano.

Il sito individuato si trova nel CBD di Melbourne che è circondato da università e centri culturali e ben servito dai mezzi pubblici, essendo circondato da diverse strade principali tra cui Victoria Street, Swanston Street, Franklin Street e Elizabeth Street. Vicino all'area di progetto, ci sono poi altri punti di interesse della città, come la stazione centrale, il mercato e l'Università di Melbourne.

L'idea è stata quindi quella di utilizzare il verde come leit motiv del progetto, rendendo l'edificio stesso parte integrante del paesaggio urbano che viene realizzato. Questo permette di rompere il tradizionale assetto urbano a griglia, creando uno spazio pubblico flessibile, più aperto e meglio inserito nel contesto cittadino, senza che risulti un impedimento o un limite. Questo obiettivo viene raggiunto tramite un design fluido che mette in comunicazione differenti torri, di varie forme ed altezze, che si interfacciano con il contesto circostante.

Twist è costituito da sei torri connesse tra loro da collegamenti aerei e collocate sopra ad un podio.

L'altezza delle torri è stata stabilita sulla base dell'esposizione solare giornaliera e tenendo in considerazione gli edifici circostanti, al fine di massimizzare l'ingresso di luce al centro del complesso dove, al piano più basso, è stata creata una pizza verde.

Il design che ne deriva è quello di un edificio organico e dinamico, costellato da giardini pensili che danno anche varietà agli spazi, soprat-

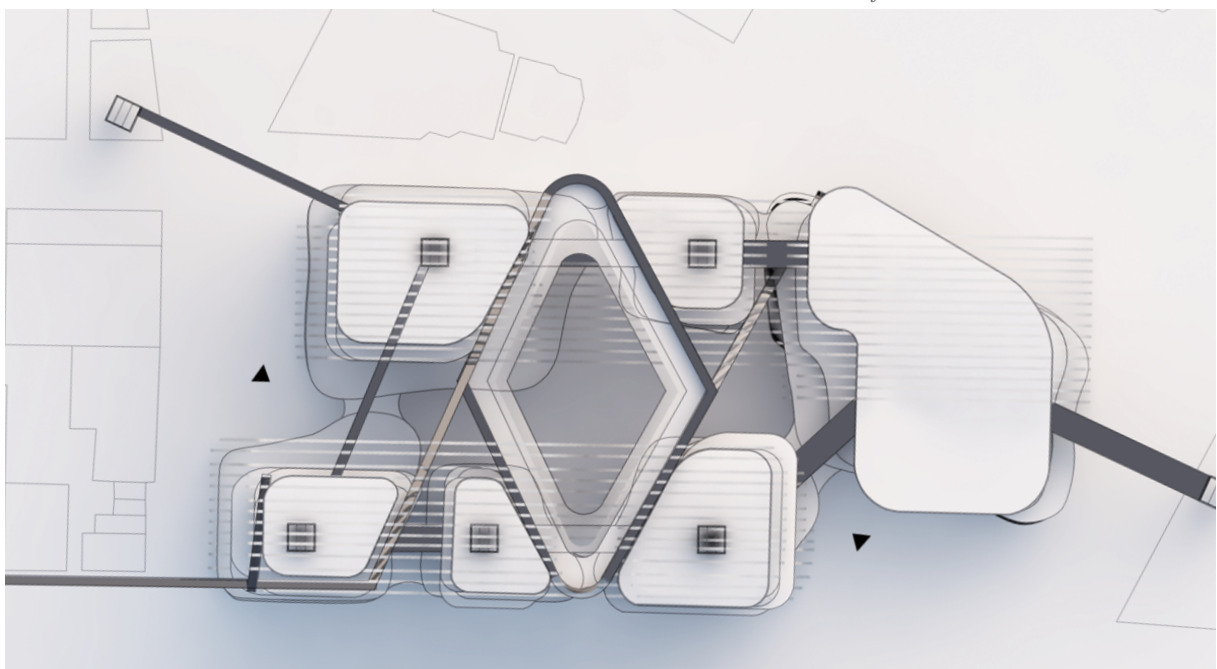
#### AREA DI PROGETTO

#### DESCRIZIONE

*pagina precedente*

**Figura 1:** Vista dall'alto dell'edificio inserito nel contesto di riferimento. La vista permette di vedere il tracciato di distribuzione principale che regola la configurazione e il funzionamento del complesso di edifici.

**Figura 2:** Vista dall'alto del complesso di torri inserito nell'area di progetto. In grigio i tracciati cui è affidato il collegamento interno ed esterno delle varie parti dell'edificio.



tutto pensando al cambiamento cromatico durante l'anno.

Le torri sono organizzate per settori sovrapposti e contengono differenti funzioni. I piani più bassi ospitano funzioni pubbliche come spazi espositivi, aree di incontro e servizi annessi. Le sezioni centrali sono destinate ad uffici mentre, i piani più alti delle varie torri sono pensati per ospitare residenze di varie dimensioni. Ogni sezione è, come si vede dalle immagini, connessa a vari livelli da collegamenti pedonali che circoscrivono lo spazio centrale permettendo un costante rapporto visivo.

## PROGETTO DI CIRCOLAZIONE

Elemento importante in questo progetto è stato l'inserimento di un sistema di trasporto rope-less. Anche in questo caso, lo studente è andato già oltre alle attuali possibilità presentate dal dispositivo, proponendo un circuito tridimensionale. Come si vede in figura, infatti, gli ascensori rope-less toccano tutte le torri del complesso. In alcuni settori, dove si muovono solo orizzontalmente, le cabine possono fermarsi per poter far salire e scendere i passeggeri. Fatto questo, le cabine continuano a salire e cambiano tracciato, seguendone uno che sale quasi a spirale si potrebbe dire, ricalcando il foro centrale. Dall'interno delle cabine, i passeggeri possono quindi godere della vista della corte verde centrale ma anche degli inediti scorci della città di Melbourne, dato che le torri non sono tutte alte uguali.

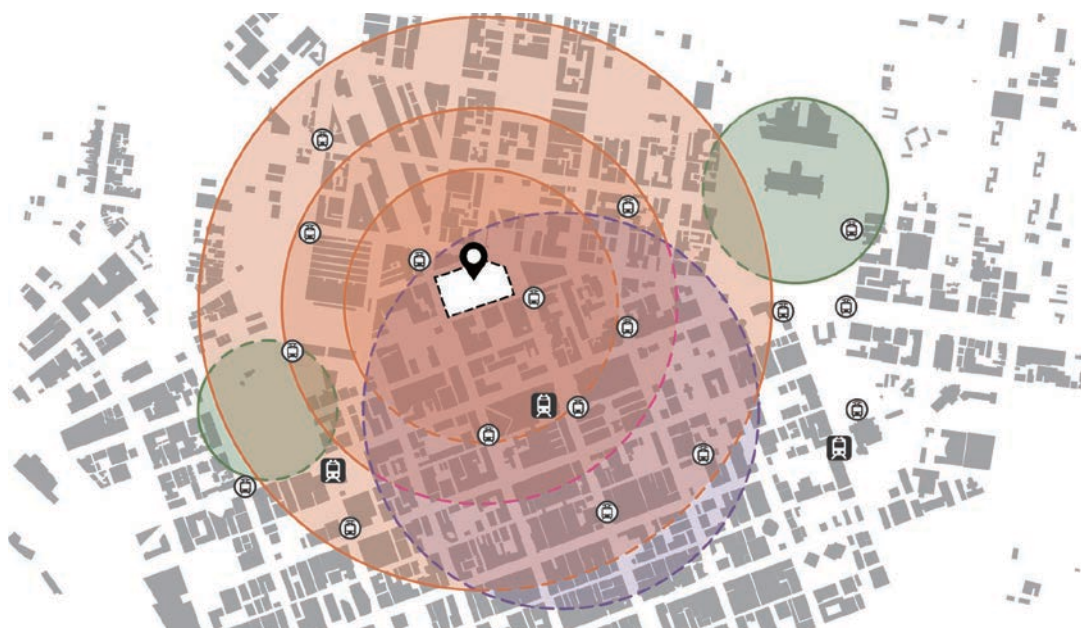
Per quanto molto avveniristico, questo progetto però invita a pensare fuori dagli schemi, puntando l'attenzione sulla grande risorsa che un sistema rope-less multidirezionale potrebbe essere, anche e soprattutto, nella progettazione urbana. Utilizzando traiettorie meno complesse di quella qui presentata, il sistema potrebbe mettere in comunicazione diversi edifici, creando quindi una connessione stratificata ed interconnessa, simile a quella che strade e vie creano al piano terra. Così facendo, il problema intrinseco del tipo edilizio di avere un unico punto di accesso e di uscita scomparirebbe e l'interazione con il contesto urbano, altra mancanza del grattacielo, verrebbe meno.

*Figura 3: Studio del contesto di inserimento del progetto, analisi dei sistemi di mobilità urbana nell'interno dell'edificio.*

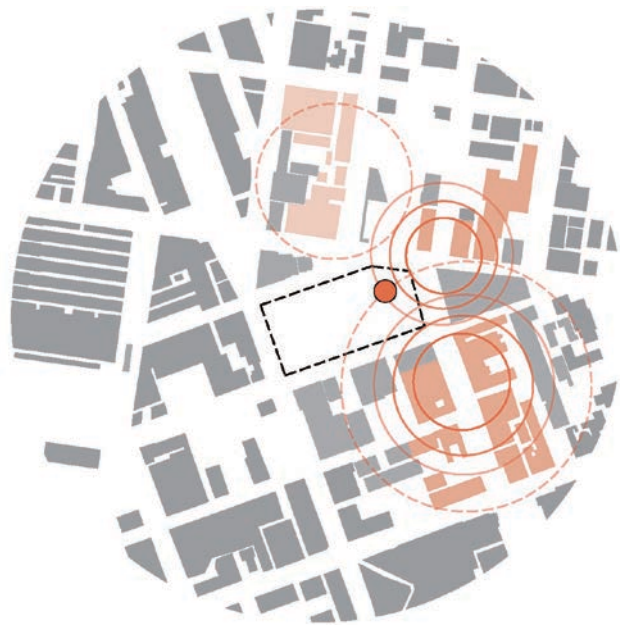
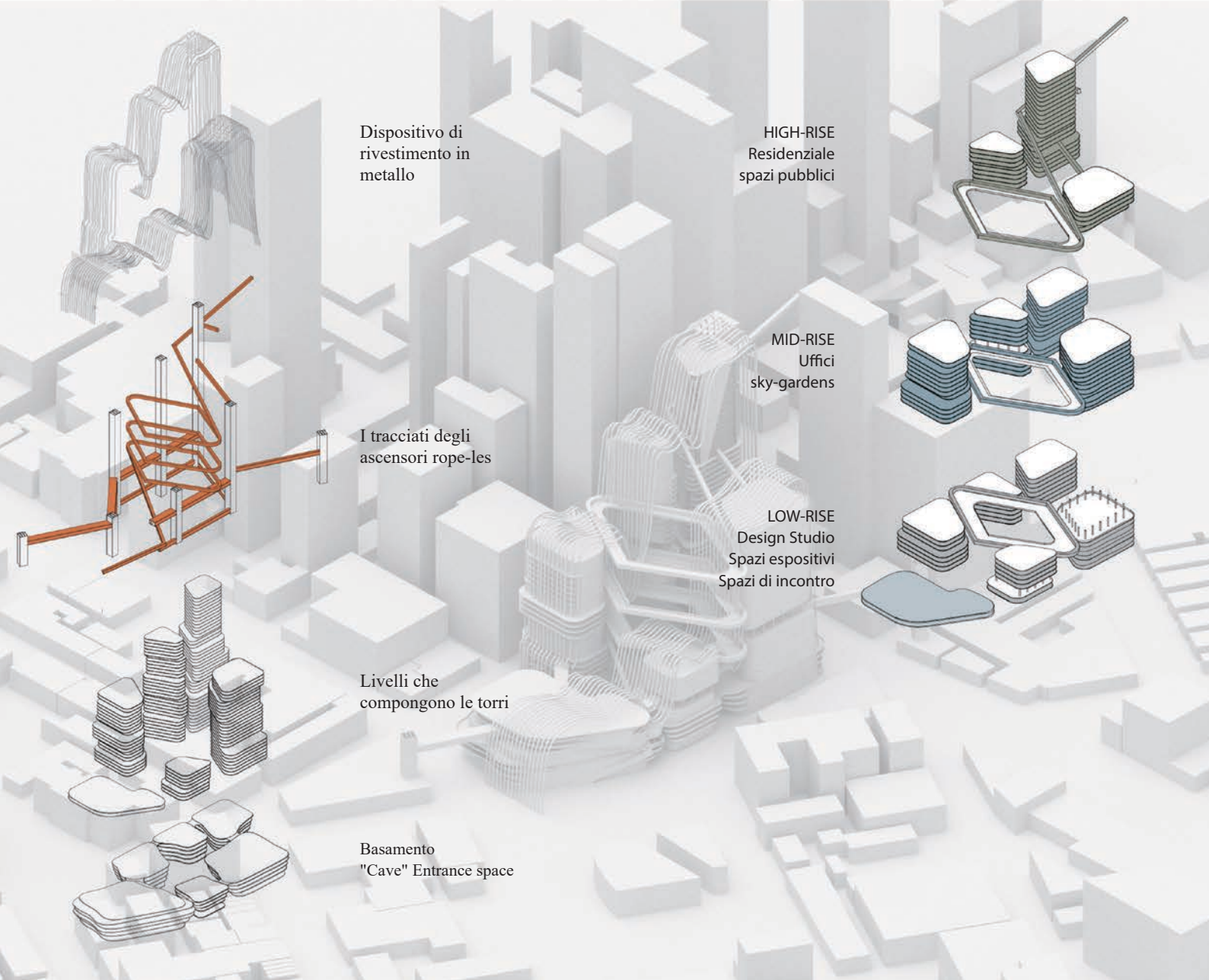
*pagine seguenti*

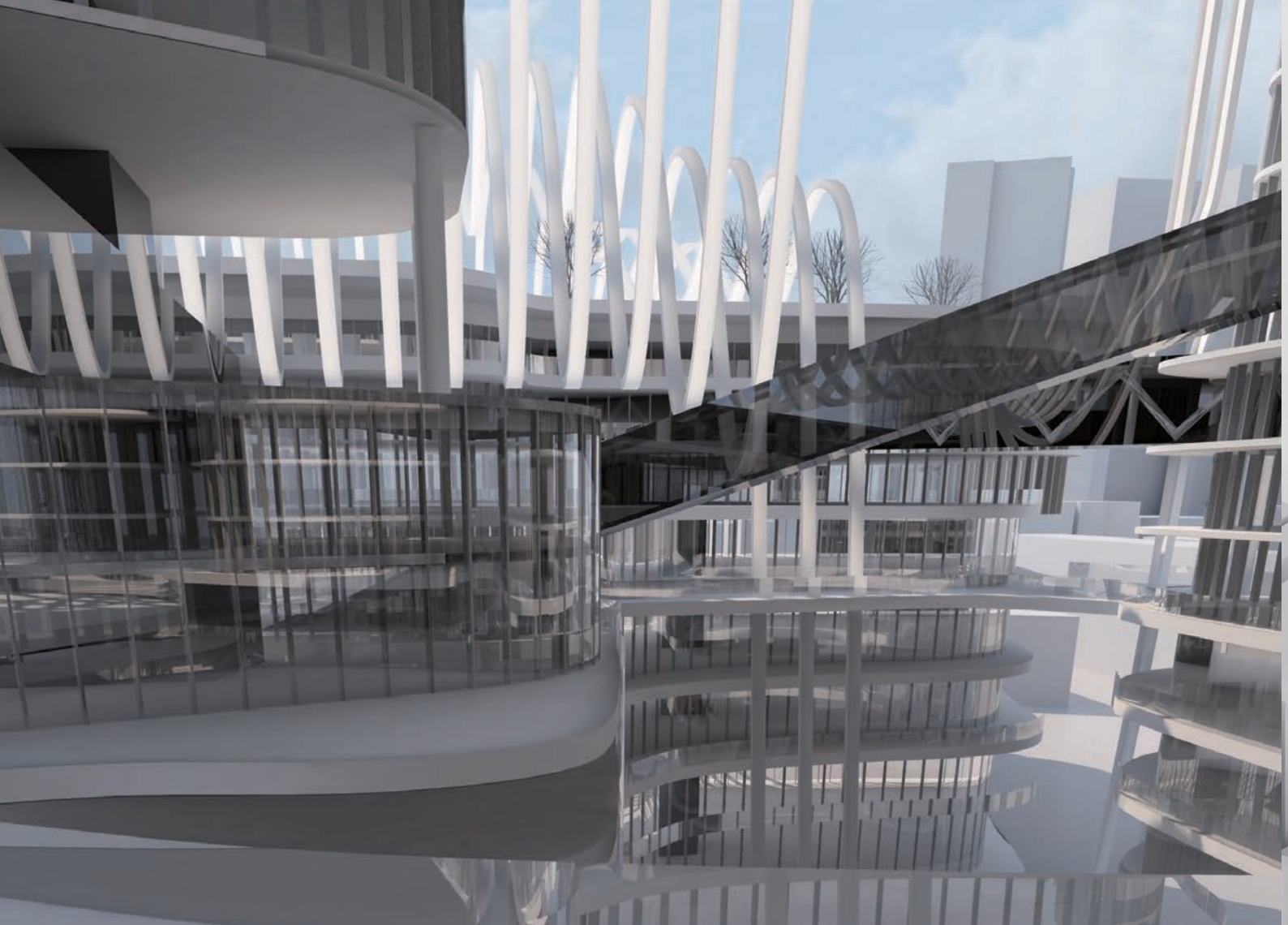
*Figura 4: Analisi delle singole parti che compongono il progetto in relazione ai sistemi di trasporto progettati per servirle.*

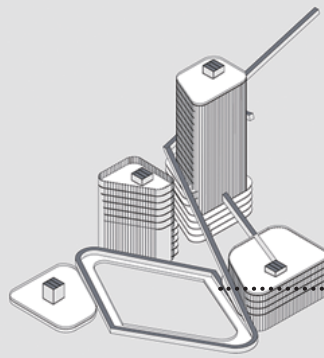
*Figura 5: Studi preliminari dell'area di progetto individuata. Analisi dei servizi, dei sistemi di trasporto e dei possibili punti di accesso all'edificio.*







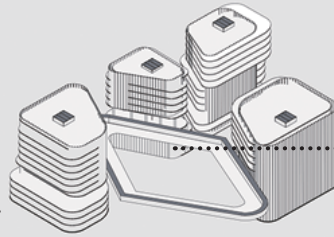




Residential  
Viewing Platform



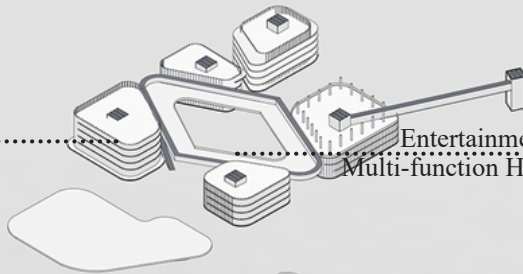
Office  
Meeting Room



Laboratory



Artist Studio



Entertainment  
Multi-function Hall



Roof Top Cinema



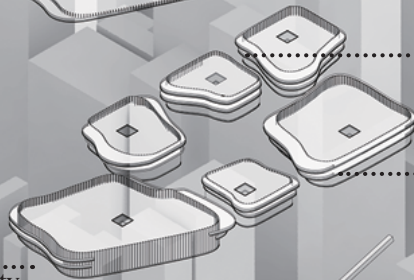
Viewing Terrace



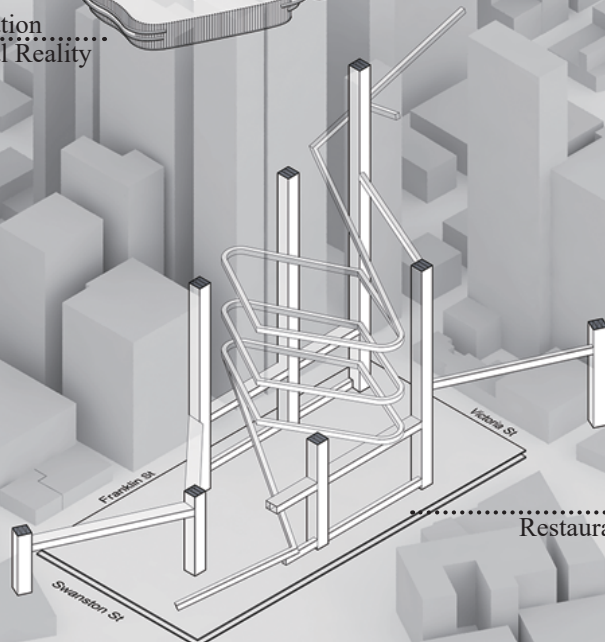
Retail



Education  
Virtual Reality

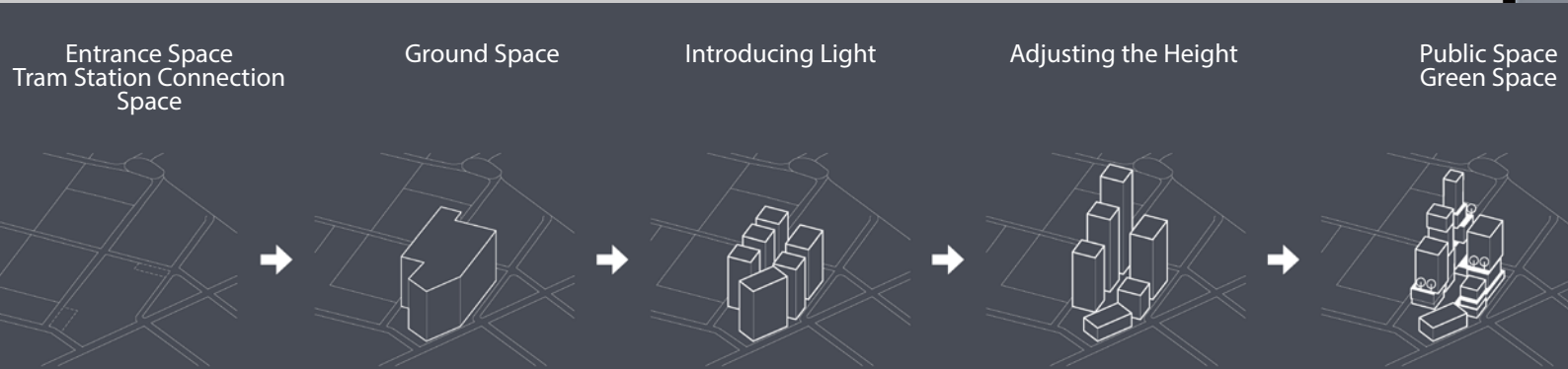
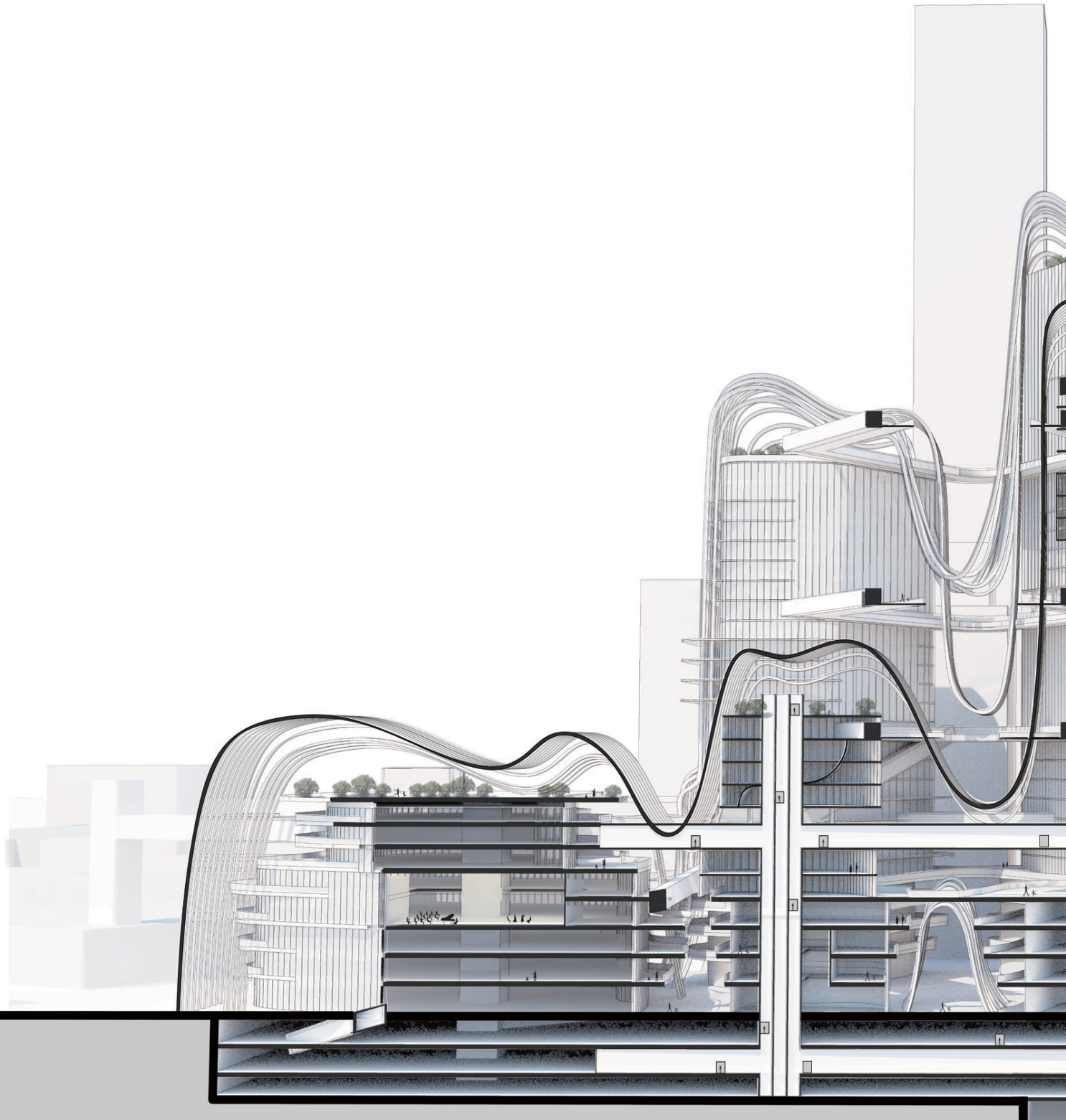


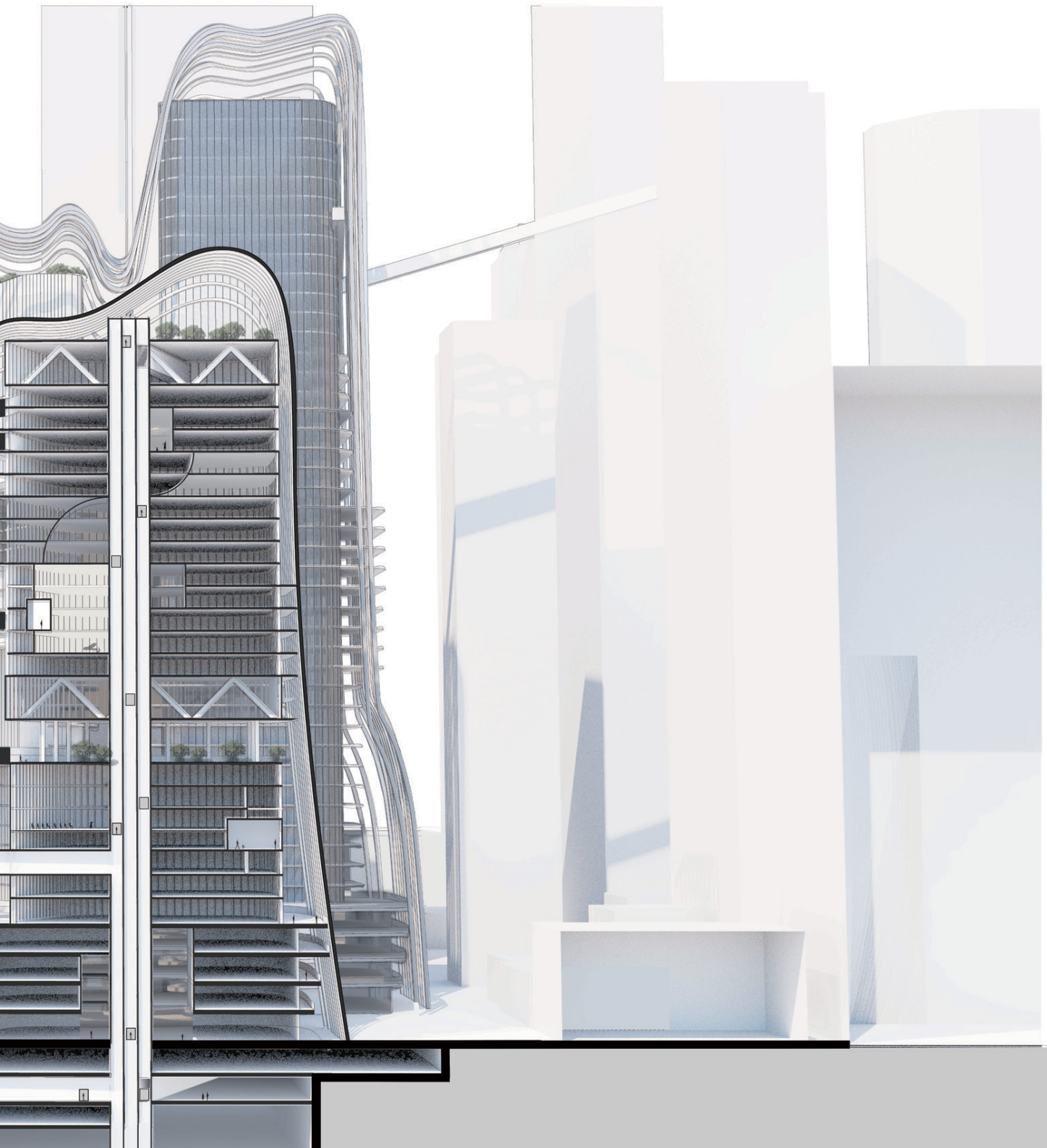
Entrance Hall  
Reception



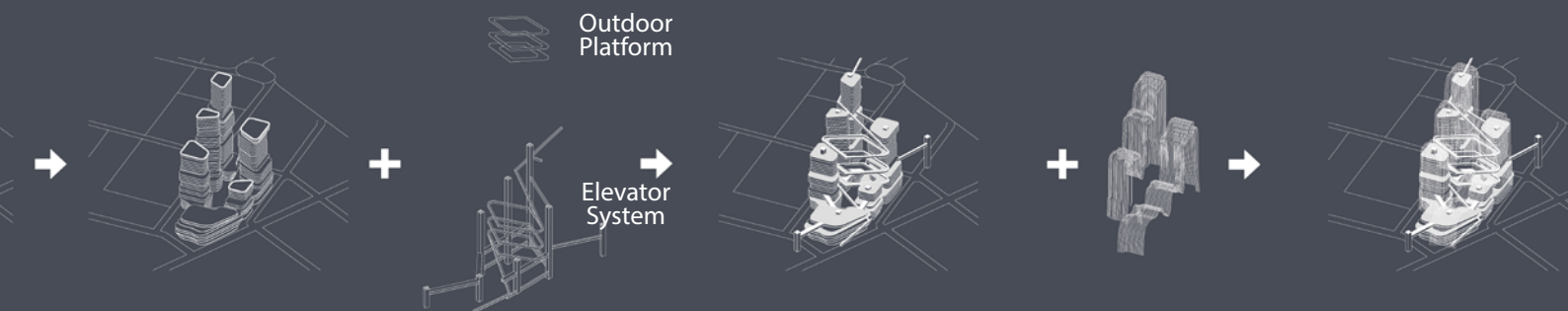
Restaurant







Vertical Sun Shading





NHS

TIME MACHINE

CC-BP LOCAL

### 6.3.3 TimeMachine, Manchester - Li, Alghafis (Univ. of Nottingham)

Il progetto Time Machine si trova a Noma, zona nord di Manchester, in un'area ben fornita e vicina a molti punti di interesse della città: Stazione centrale, Arndale Center, l'Exchange, la Coop Square e il Museo del calcio.

Time Machine è una vera e propria città verticale, concepita per fornire un'eccellente qualità di vita ai cittadini ultra cinquantenni, in pieno centro città. Mettendo a loro disposizione spazi di cura, di socializzazione, aree commerciali e permettendo una costante interazione con la società più giovane, in modo che siano sempre stimolati.

L'intero complesso si organizza attorno allo spazio di circolazione, tema cruciale per la progettazione per anziani. I servizi presenti, che si articolano attorno agli elementi di comunicazione, sono il National Health Service (NHS), un ospedale, aree per la coltivazione, per lo sport e la formazione, oltre a spazi per la socializzazione, per lo shopping e verde pubblico.

L'idea alla base di questo progetto è quella di integrarlo al meglio nello spazio circostante, utilizzando un design organico, forme morbide e fluide. Da un punto di vista funzionale, invece, inserendo spazi e attività che mancano nell'area, al fine di renderlo un punto di interesse per tutti i cittadini. Vista la presenza di altri edifici alti nell'intorno, lo sviluppo verticale di questo edificio non risulta essere fuori luogo o fuori scala.

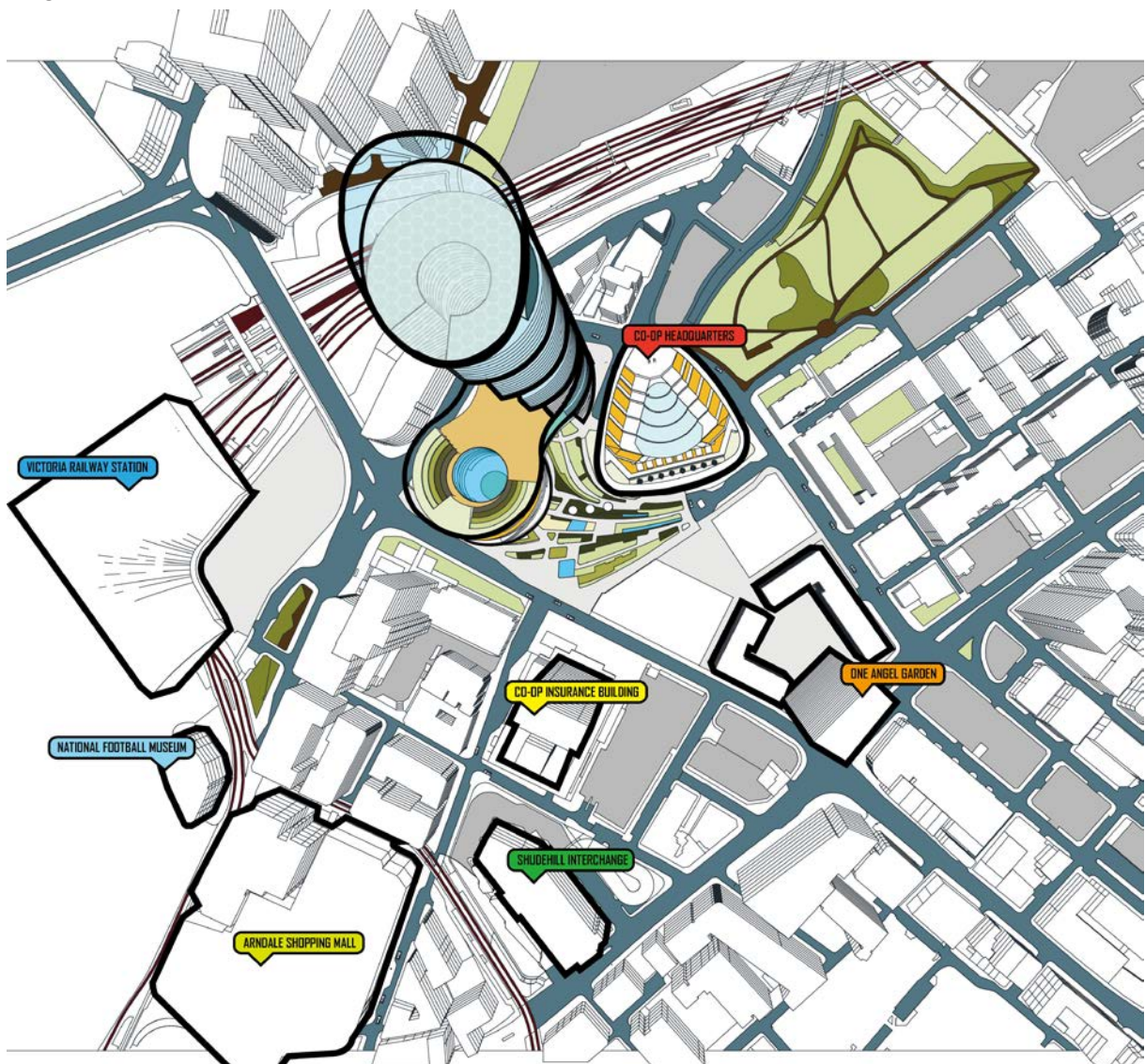
#### AREA DI PROGETTO

*pagina precedente*

**Figura 1:** Vista dalla strada dell'edificio progettato, TimeMachine.

**Figura 2:** Vista dall'alto del complesso di torri inserito nell'area di progetto e indicazione dei punti di interesse.

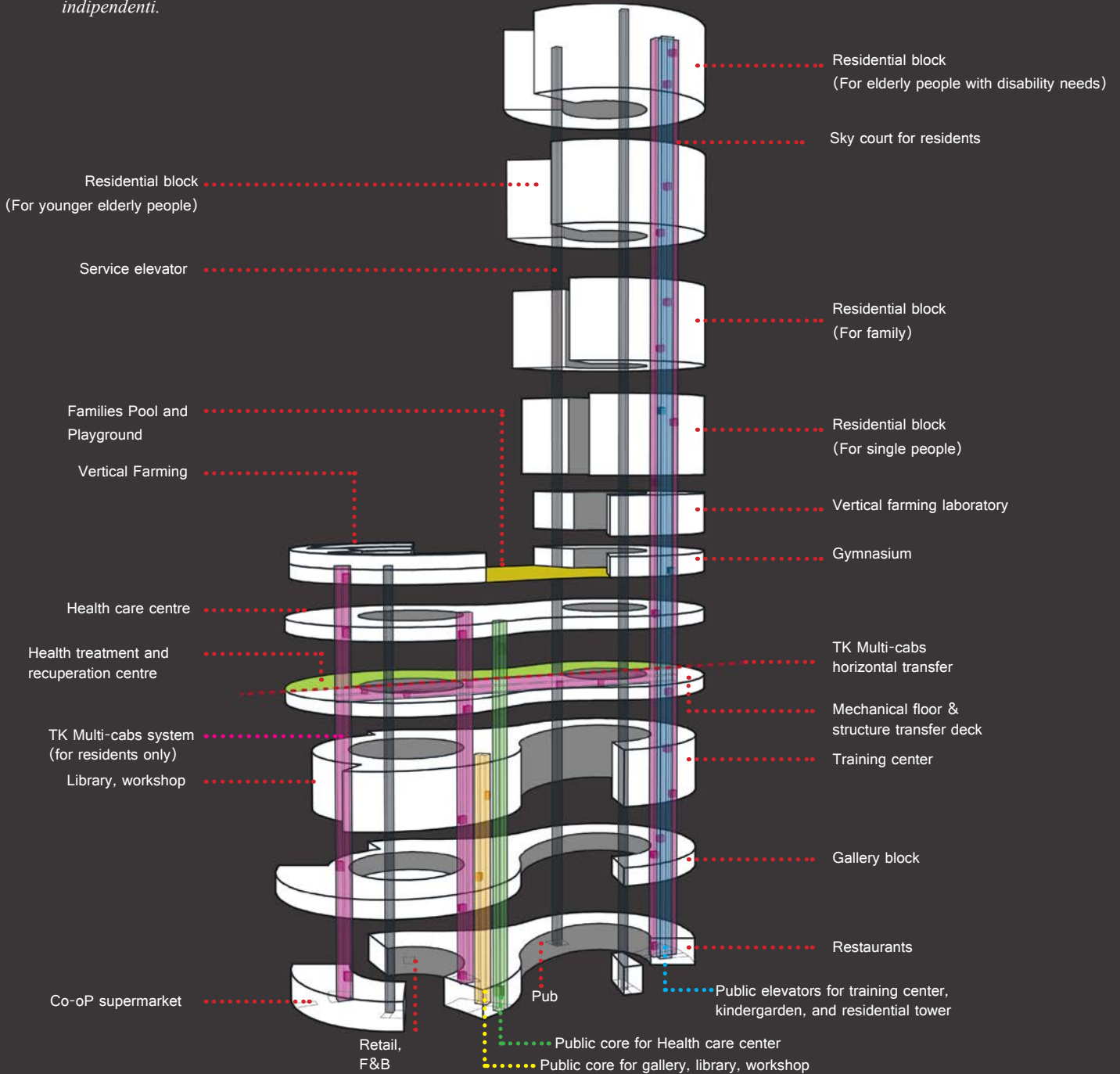
#### DESCRIZIONE



**Figura 3:** Schema assonometrico dei sistemi di trasporto e dei vari circuiti che sono stati progettati per servire le diverse parti e funzioni del progetto.

pagina seguente

**Figura 4:** Piani tipo di riferimento in cui è evidente la complessità degli spazi. Il livello più in alto in immagine corrisponde all'Health care ed è servito da un tratto orizzontale del circuito per facilitare lo spostamento di persone anziane, rendendole anche più autonome e indipendenti.







Da un basamento centrale forato al centro, sale una torre a sua volta organizzata per settori interrotti da piani intermedi occupati da giardini pensili. La torre, inoltre, è forata al centro e aperta in alcuni punti verso l'esterno, questo permette una ventilazione e un'illuminazione naturale, soprattutto durante il giorno.

La facciata dinamica è costituita da pannelli vetrati fotovoltaici che contribuiscono al controllo di potenza, luce e generali prestazioni dell'edificio, oltre che mitigare l'incidenza della luce solare creando un certo livello di ombreggiamento. La facciata, infatti, come si vede in alcuni disegni, è leggermente distanziata dall'edificio, che ne viene avvolto come una seconda pelle.

## PROGETTO DI CIRCOLAZIONE

Per quanto riguarda la circolazione interna, il Time Machine opta per sistemi rope-less e multidirezionali che mettono in comunicazione, senza interruzioni, tutte le parti dell'edificio.

L'impianto è costituito da tre colonne, una lungo l'intera estensione della torre, e due più bassi ai lati della corte del podio, collegati da un elemento orizzontale. Questo sistema viene utilizzato per il funzionamento generale del complesso. Gli ascensori antincendio, di servizio e quelli utilizzati per l'area destinata alle cure sanitarie sono invece convenzionali dispositivi a funi e hanno quindi vani esclusivi e dedicati.

Le lobby di carico e scarico per il circuito rope-less sono separate dalle altre e sono posizionate in vari punti dell'edificio, come rappresenta l'immagine riportata.

Prevedendo una popolazione massima di circa 1600 abitanti i dispositivi rope-less hanno consistentemente ridotto gli spazi necessari per rendere fruibile l'intero complesso, grazie alla possibilità di avere più cabine nello stesso vano. Per questioni di sicurezza, tuttavia, si prevede di fornire tutti gli abitanti con badge e chiavi magnetiche in modo da attivare le cabine e permettere solo ai possessori di raggiungere alcune aree specifiche come, per esempio, le residenze.

Essendo questo edificio abitato soprattutto da anziani, alcuni di essi con probabile ridotta capacità motoria, la possibilità che sia la cabina a cambiare direzione è un ulteriore vantaggio. Questo eviterebbe alle persone su sedie a rotelle, o comunque con qualche impedimento, di dover scendere dall'ascensore e percorrere alcune parti del proprio tragitto in maniera autonoma.

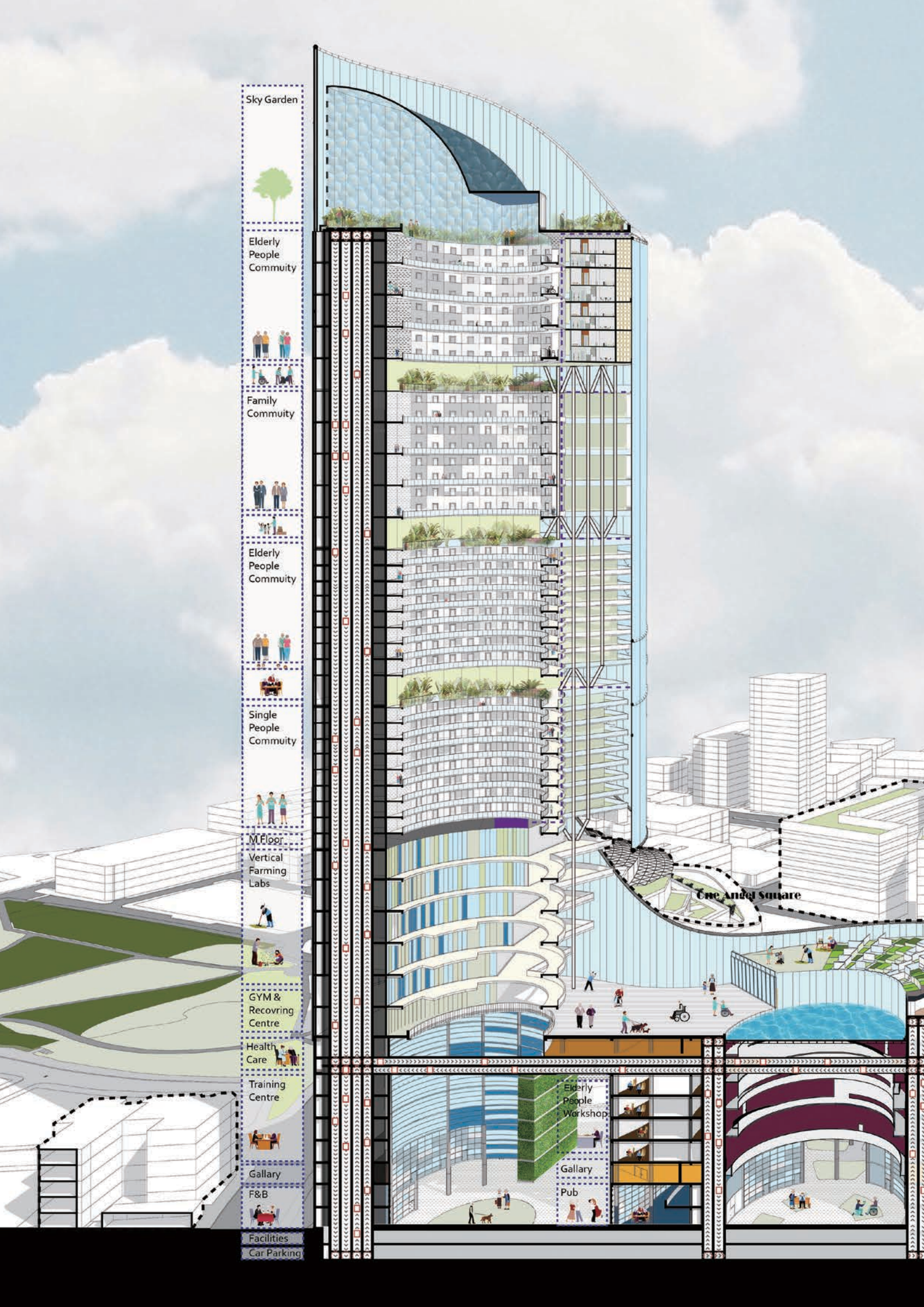
Proprio per questo motivo, tale progetto è stato considerato molto interessante. Esso, infatti, ha posto l'attenzione su un tema che sta diventando sempre più attuale. La popolazione del mondo sta invecchiando e solo poche città sono state progettate per rendere la loro vita una vita di qualità. La presenza di un sistema di comunicazione multidirezionale potrebbe facilitarne spostamenti non solo all'interno dell'edificio ma anche nello spazio urbano stesso. Questo aumenterebbe sì sicuro la loro qualità della vita, mantenendo un certo livello di indipendenza che, invecchiando, va perdendosi.

*Figura 5: Viste rappresentative degli spazi interni del progetto.*

*pagine seguenti*

*Figura 6: Sezione descrittiva in corrispondenza del sistema di trasporto verticale e orizzontale che collega il corpo a torre e quello più basso che compongono l'edificio.*





Sky Garden

Elderly People Community

Family Community

Elderly People Community

Single People Community

M Floor Vertical Farming Labs

GYM & Recovering Centre

Health Care

Training Centre

Gallery

F&B

Facilities

Car Parking

Elderly People Workshop

Gallery

Pub

One Angel Square

One Angel Garden

Co-OP Insurance Company

Shudihill Interchange

Vertical Farming

Kids Care

Health Care

Library

Gallery

Supermarket



KING'S VIEWS OF

NEW YORK



## 7. Considerazioni finali riguardo l'applicazione dei dispositivi *rope-less* nel progetto di edificio alto

Sulla base delle informazioni raccolte nella fase iniziale di ricerca, delle soluzioni individuate e proposte grazie allo svolgimento delle esercitazioni progettuali e grazie al costante confronto con gli esperti coinvolti è stato possibile avanzare alcune considerazioni riguardo la ridefinizione del tipo edilizio dell'edificio alto in seguito all'applicazione di ascensori *rope-less*. Le considerazioni progettuali di questo capitolo sono state divise e organizzate per tre categorie differenti. La prima si occupa della ridefinizione delle relazioni in pianta tra edificio e dispositivi *rope-less*, trattando le modalità di carico e scarico passeggeri e l'organizzazione dei vani di corsa. Gli ascensori *rope-less* funzionano in modo completamente differente rispetto agli impianti convenzionali e, per questo motivo, gli spazi di pertinenza, la collocazione dei vani e il rapporto con l'utente devono essere ripensati. La seconda sezione del capitolo, si occupa di analizzare diverse alternative di dispatching che sono state sviluppate durante grazie agli esercizi progettuali condotti. Avendo aggiunto la componente orizzontale di moto e la possibilità di far viaggiare più cabine lungo il medesimo tracciato, sono state proposte nuove alternative possibili di servizio. In primo luogo si è cercato di applicare gli ascensori *rope-less* agli schemi di *dispatching* convenzionali, per capire dove e come il nuovo impianto potrebbe risultare utile se non più efficiente. In un secondo momento sono state poi avanzate delle strategie completamente nuove, rese possibili dalle potenzialità dell'innovazione tecnologica.

La terza sezione del capitolo si focalizza invece sui collegamenti tra gli edifici. Ad oggi gli *sky-bridge* sono prevalentemente a percorrenza pedonale, talvolta attrezzati con servizi e spazi di vario genere. In questa fase della ricerca si è pensato come integrare il sistema di trasporto negli *sky-bridge* orizzontali.

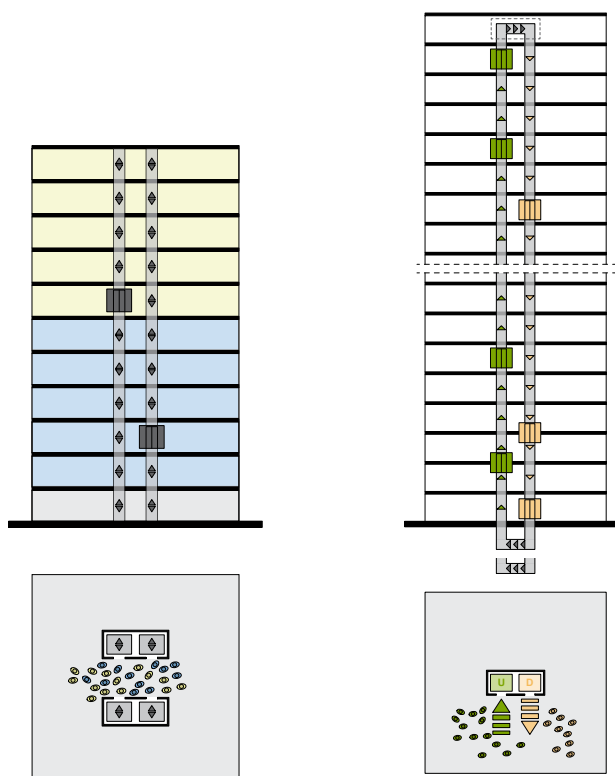
Infine, sono state proposte alcune considerazioni riguardo alcuni aspetti della sicurezza che dovrebbero essere tenuti in considerazione. Infine, si danno alcuni cenni riguardo l'importanza che dovrebbe essere data all'interazione tra dispositivo e utente tramite varie tipologie di interfacce di informazione (segnalatica audio, visiva, sonora, ecc.) affinché l'utente possa comprendere come utilizzare un ascensore *rope-less*.

## 7.1 Riflessioni sugli effetti dell'applicazione di dispositivi rope-less sulla distribuzione planimetrica

L'utilizzo dell'ascensore è diventato un'azione abitudinaria che si svolge spesso sovrappensiero. Le varie fasi necessarie vengono svolte in modo quasi meccanico. L'utente raggiunge l'area di attesa, prenota la chiamata utilizzando il pulsante di piano, attende l'arrivo della cabina controllando la segnaletica luminosa e sonora solitamente collocata sopra le porte, all'apertura delle porte entra nella cabina e seleziona la destinazione sulla pulsantiera. Le porte si richiudono e il passeggero attende che la cabina lo conduca al piano desiderato. L'ascensore è entrato a far parte della quotidianità delle persone e, quando i sistemi *rope-less* e *multi-car* saranno introdotti in commercio servirà del tempo perché gli utenti imparino a fidarsi e a conoscere un sistema di trasporto completamente nuovo. Infatti, per quanto lo scopo sia il medesimo – trasportare passeggeri ai vari piani di un edificio – il principio alla base del funzionamento degli ascensori *rope-less* è completamente differente. Architetti e progettisti dovranno aiutare l'utente in questo processo di transito con una consapevole e attenta progettazione degli spazi, ridefinendo così alcuni elementi caratterizzanti del tipo edilizio dell'edificio alto, e non solo.

Come mostra **Figura 1** la prima grande differenza tra un ascensore convenzionale e uno *rope-less* riguarda le modalità di carico. Salvo nei casi di impianti a destinazione controllata, in un ascensore convenzionale l'utente sa quale cabina utilizzare solo quando questa raggiunge

**Figura 1:** confronto schematico tra un impianto convenzionale e uno *rope-less*. Nel primo caso (immagine a sinistra) l'area di attesa davanti alle cabine non viene differenziata a seconda delle destinazioni. In questo caso sia i passeggeri che devono raggiungere i livelli evidenziati in blu che quelli in giallo attendono nella stessa area e utilizzano le stesse cabine. Come si vede in sezione le cabine fermano, in questa configurazione, a tutti i piani. Nel secondo caso (immagine sulla destra) un sistema *rope-less* in configurazione a loop. Un vano è esclusivamente dedicato alla direzione in salita, mentre l'altro a quella in discesa. Tale distinzione è rispettata anche al piano di carico.





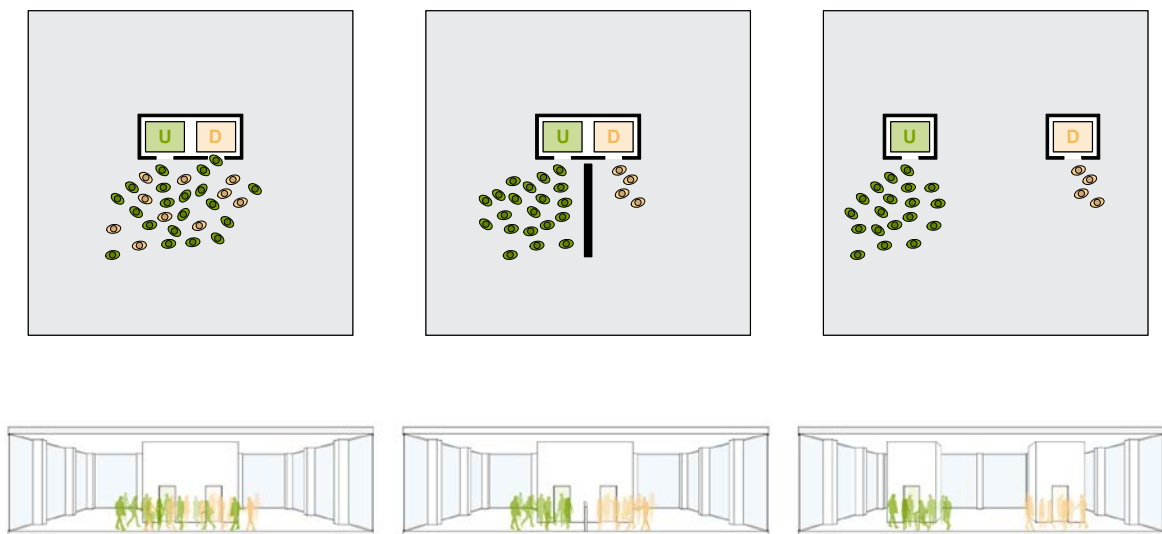


**Figura 2:** Prima che l'automazione entrasse in gioco, gli utenti erano supportato dalla presenza dei cosiddetti lift-boys (o girls) che indicavano loro la cabina da utilizzare a seconda della destinazione da raggiungere. Fonte: wikimedia

il piano. In un impianto *rope-less* questo non è così semplice. Assumendo di avere una configurazione a circuito chiuso minima a due vie come in **Figura 1**, l'utente deve essere informato che una delle due vie serve i piani in salita mentre l'altra in discesa, questo per capire davanti a quale delle due porte piano attendere ed evitare quindi di sbagliare la direzione di moto. Si tenga presente che all'interno del circuito possono viaggiare più cabine contemporaneamente, riducendo così l'ingombro complessivo dell'impianto, e che i tratti orizzontali di collegamento servono a chiudere il circuito e a permettere alle cabine di passare da una direzione all'altra, cambiando vano di corsa. In figura i tratti orizzontali si ipotizzano in un piano interrato, al di sotto del piano terra principale, e all'ultimo livello, magari in corrispondenza di un piano tecnico. Tuttavia, si deve sottolineare che non è strettamente necessario che i tratti in orizzontale siano collocati in ambienti distinti dal resto dell'edificio, come potrebbe essere una sala macchine, il che comporta ulteriori vantaggi nell'ottimizzazione degli spazi.

Nelle prime installazioni di impianti *rope-less* si dovrebbe pensare di riproporre la figura del *lift-operator* (**Figura 2**) che deve dare indicazioni

**Figura 3:** La prima configurazione sulla sinistra rappresenta la condizione che deve essere evitata: confusione e mescolanza dei flussi. Le immagini successive rappresentano due valide alternative. La prima (immagine centrale) una barriera fisica come potrebbe essere un paramento o un elemento di arredo che possa individuare e distinguere il vano in salita da quello in discesa. La seconda (immagine più a destra) dove viene sfruttata la capacità del sistema di muoversi orizzontalmente per sperare fisicamente i due vani.



agli utenti riguardo le modalità di utilizzo del sistema. Questa soluzione risulta vantaggiosa soprattutto al piano di ingresso principale, in modo da indirizzare correttamente gli utenti all'utilizzo del sistema.

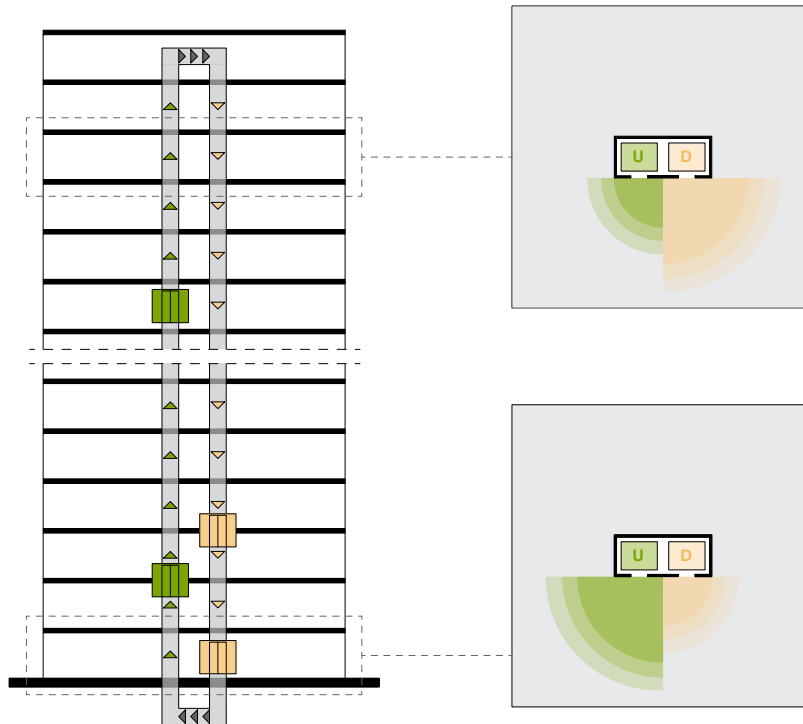
Un'altra soluzione, altrettanto valida, è quella di ripensare gli spazi di attesa in modo che sia facilmente intuibile il funzionamento dell'impianto e che l'utente non si trovi in difficoltà al momento dell'utilizzo. Come è stato fatto in alcune esercitazioni progettuali proposte la soluzione più semplice potrebbe essere di separare e distinguere l'area di attesa davanti alla cabina che si muove in salita da quella che invece viaggia in discesa. La separazione spaziale dei vani dedicati alle due direzioni di moto è una soluzione facilmente integrabile all'interno del distributivo (**Figura 3**).

La distinzione si può realizzare sia inserendo un elemento di separazione come un semplice parapetto o un elemento di arredo oppure separando fisicamente due vani di corsa e ricollocandoli in punti diversi del distributivo. La seconda alternativa, forse più radicale, ridurrebbe di molto il rischio che gli utenti possano sbagliare il dispositivo da utilizzare. Inoltre, la frammentazione del sistema di trasporto verticale in elementi più piccoli che possono essere più facilmente ricollocabili all'interno della pianta di un edificio alto avrebbe degli effetti sull'organizzazione degli spazi serviti circostanti. Il sistema di circolazione, infatti, dovrebbe essere completamente ripensato in funzione di questa dislocazione degli elementi di comunicazione verticale. Inoltre, la creazione di più elementi rigidi come i vani di corsa porterebbe a delle ripercussioni anche in ambito strutturale.

Separando i flussi in salita da quelli in discesa secondo una delle due modalità descritte sopra, ne consegue che anche la dimensione delle aree di salita o discesa davanti le porte di piano devono essere trattate in modo differente, dovendo gestire volumi di traffico diversi. Come si è visto durante le fasi di ricerca iniziali la domanda di traffico varia a seconda della funzione dell'edificio e durante l'arco della giornata. Conoscendo tali andamenti si può ripensare lo spazio di attesa ai vari piani in modo che sia correttamente proporzionato ad accogliere il numero di passeggeri atteso. Prendendo come esempio una torre per uffici, si è visto che il momento critico della giornata si verifica durante il picco in salita della mattina, prima che inizi la giornata lavorativa.

Detto questo l'area di attesa davanti alle vie in salita al piano terra potrebbe essere più capiente di quella davanti alle vie in discesa. Al contrario, ai piani superiori lo spazio davanti alle vie in discesa potrebbe dover essere più ampio per accogliere il flusso in uscita al termine della giornata lavorativa (**Figura 4**). Questo porterebbe ad un nuovo rapporto tra spazi di servizio e spazi serviti, a favore di questi ultimi. Si tenga sempre presente che il servizio che un impianto rope-less offre è continuo. L'idea è che le cabine circolino costantemente all'interno del loop, riducendo così i tempi di attesa.

Lo sviluppo di alcuni dei casi studi presentati ha permesso di evidenziare una criticità riguardo la collocazione del sistema loop all'interno di un distributivo. I sistemi rope-less a induzione lineare

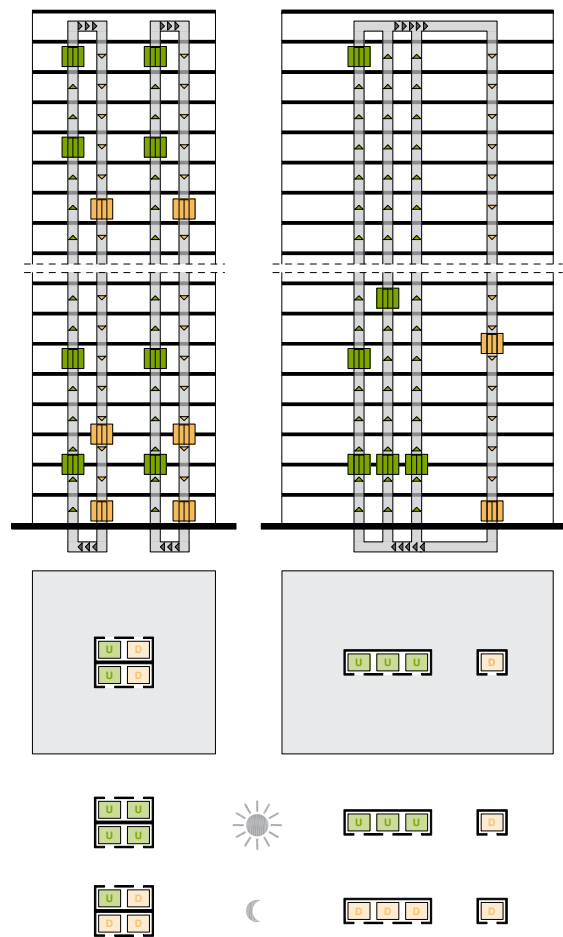


**Figura 4:** Le aree di attesa davanti ai vani in salita e discesa richiedono dimensioni differenti, dovendo rispondere a domande di utenza diverse. Per questo motivo lo spazio all'intorno potrebbe essere sfruttato meglio, tramite una progettazione consapevole. Si consideri che U=up e D=down.

hanno bisogno di una schiena portante lungo la quale installare le guide e i dispositivi necessari per lo spostamento della cabina, sia in verticale che lungo i tratti orizzontali. Questo implica che:

1. L'apertura della cabina può avvenire solo da un lato del sistema, frontalmente o lateralmente rispetto ma mai in corrispondenza della schiena portante;
2. Lungo i tratti orizzontali la schiena portante costituisce un ostacolo, un elemento di separazione che non può essere interrotto. Da queste osservazioni, con gli studenti sono state sviluppate alcune considerazioni e applicazioni interessanti. In alcuni progetti, per esempio, due sistemi a loop sono stati abbinati in una configurazione a "schiena contro schiena" utilizzando quindi il setto portante in comune per entrambi i circuiti. Così facendo il servizio può avvenire su entrambi i lati del distributivo. In altri casi, come si vedrà meglio in seguito, è stato proposto di inserire i tratti di scambio in orizzontale in corrispondenza di piani a doppia o tripla altezza. Così facendo la traslazione orizzontale può essere ricollocata nella parte più alta del piano, creando una sorta di portale, al di sotto del quale è possibile passare o svolgere funzioni di altro tipo.

In **Figura 5** viene rappresentata una idea per gestire al meglio il traffico durante le fasi di picco giornaliero. In tali momenti, i sistemi *rope-less* permetteranno di aumentare il numero di cabine che circolano all'interno del circuito, semplicemente inserendole in caso di necessità e facendole uscire al termine della fase di picco. In alternativa, alcuni vani, solitamente destinati alla discesa, potrebbero essere invece utilizzati per la salita, o viceversa in caso di picco in discesa. Si tratterebbe comunque di una configurazione temporanea, circoscritta al solo perio-



*Figura 5: A sinistra una proposta di abbinamento di due circuiti con schiena portante in comune, per ottimizzare la gestione dello spazio e fornire un accesso su entrambi i lati del service core. A destra una proposta di separazione delle linee in salita e in discesa. In basso, per entrambi i disegni, un'indicazione di come gli impianti potrebbero essere adattati in base alla domanda durante l'arco della giornata.*

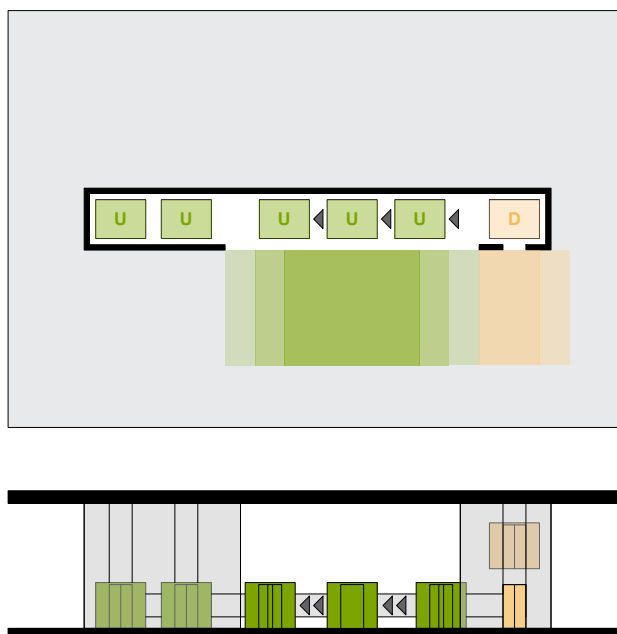
do di picco, quindi per smaltire un volume di traffico maggiore in tempi contenuti. Tuttavia, dovendo poi le cabine ridiscendere per completare il circuito, sarà necessario mantenere alcuni vani destinati esclusivamente alla discesa, come rappresentato schematicamente in **Figura 5**. Un'altra considerazione riguarda le modalità di prenotazione della chiamata. L'idea che ad ogni cabina venga assegnata una sola corsa è ovviamente da escludersi, i tempi di attesa e percorrenza sarebbero eccessivi. Inoltre, nel caso di edifici con intensi volumi di traffico, il numero di cabine necessario sarebbe sicuramente superiore alla capacità dell'impianto. Un'ottima soluzione a questo sarebbe l'applicazione di dispositivi a destinazione controllata. L'utente comunica la propria destinazione, direttamente ad un operatore al desk, tramite un'interfaccia o addirittura tramite una applicazione sul cellulare, il sistema calcola, sulla base di tutti gli input registrati, la soluzione più efficiente e assegna la cabina da utilizzare. Nel caso di sistemi rope-less e multidirezionali questa strategia assicurerebbe una circolazione efficiente, evitando che i passeggeri si trovino confusi o dubbiosi riguardo cabina da utilizzare. Ovviamente, dato che più cabine si muovono lungo lo stesso vano, deve essere studiato un modo efficiente perché le cabine siano facilmente identificabili. Una soluzione pensata potrebbe essere quella di differenziarle per colore o utilizzando delle indicazioni sulle porte esterne e sulle pareti interne, dove potrebbero essere riportati numeri o lettere. Inoltre un'interfaccia grafica, collocata per esempio sopra l'apertura al piano, potrebbe fornire indicazioni, visive e sonore, informando per esempio se una cabina sta arrivando al piano o tra quanto arriverà la prossima cabina, come accade, per esempio, nelle stazioni delle metropolitane.

Continuando a ragionare sulle modalità di salita e discesa dei passeggeri, è stata proposta una soluzione interessante, poi applicata in uno dei casi studio sviluppati con gli studenti. L'idea nasce dall'osservazione degli impianti sciistici e il funzionamento degli skilift: un impianto funicolare con una configurazione a circuito a cui sono agganciate le sedute che gli sciatori devono letteralmente prendere al volo per poter raggiungere la vetta delle montagne. Quando gli utenti devono salire sull'impianto questo non arresta il proprio moto, al massimo rallenta per poter permettere a tutti di sedersi e assicurarsi alle sedute. Questo assicura una continuità del servizio e un più rapido smaltimento del volume di traffico da gestire, riducendo i tempi di attesa.

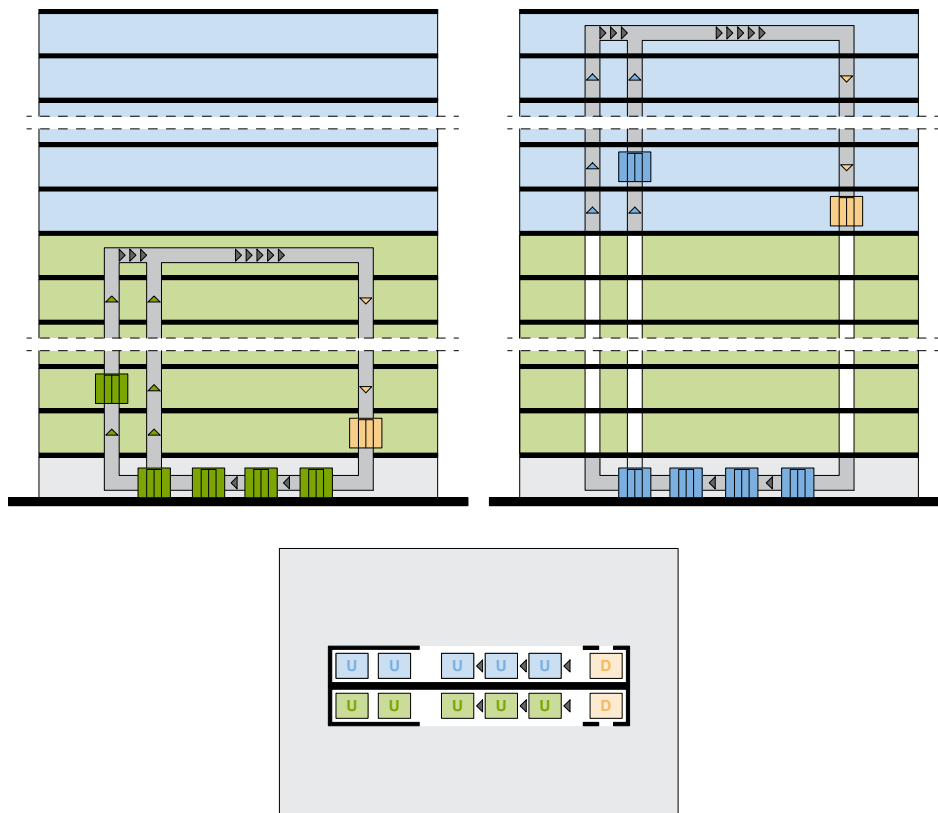
Grazie ai sistemi *rope-less e multi-car* una strategia simile potrebbe essere utilizzata anche all'interno degli edifici, nello specifico, lungo i tratti orizzontali quando le cabine si spostano dal vano in discesa a quello in salita, o viceversa (**Figura 6**). Per quanto schematica, la raffigurazione rappresenta un modello base di un impianto a caricamento progressivo che potrebbe essere collocato, per esempio, nella *lobby* di ingresso all'edificio. La configurazione pensata si organizza in tre momenti distinti:

- una sezione laterale di discesa (quella più a destra) che costituisce l'arrivo delle cabine al piano e permette ai passeggeri di uscire;
- una sezione laterale di salita (quella a sinistra) chiusa rispetto al piano che contiene più linee di risalita, permettendo quindi alle cabine di cominciare il loro tragitto;
- una sezione centrale, aperta rispetto al piano, e grande abbastanza per accogliere più cabine contemporaneamente.

L'idea è che lungo la sezione centrale le cabine, come in un impianto sciistico, rallentino il loro moto mantenendo le porte di cabina aperte, permettendo così ai passeggeri di salire senza che il sistema si fermi. Una simile configurazione potrebbe essere molto utile in edifici con grandi volumi di traffico servendo come un servizio express tra due o più lobby successive.



**Figura 6:** Rappresentazione schematica di un sistema di carico progressivo, basato sull'osservazione degli impianti sciistici. Lungo la porzione centrale del vano, le cabine si muovono lentamente mantenendo le porte aperte.



**Figura 7:** Doppio circuito, con schiena portante in comune, configurato per servire porzioni differenti della torre, ospitanti funzioni differenti.

La **Figura 7** raffigura un impianto a caricamento progressivo utilizzato per servire due sezioni differenti di un ipotetico edificio. In questo caso, per distinguere le due aree di carico, si è optato per una configurazione a schiena contro schiena. Le vie in salita e in discesa effettuano un servizio al piano nelle sezioni di pertinenza. Oltre a rendere il servizio più fluido questo tipo di configurazione libera una maggiore superficie ai piani superiori, dato che il circuito più basso si ferma alla sezione che serve.

In alternativa si può riprendere l'idea di thyssenkrupp e assegnare il servizio express al circuito rope-less, in modo che metta in diretta comunicazione due o più lobby successive. Il servizio al piano, invece, potrebbe sempre essere gestito da un impianto convenzionale (o TWIN come suggerito in alcuni schemi da thyssenkrupp). Le cabine da utilizzare, soprattutto nel caso di un unico circuito per più sky-lobby, dovranno però essere differenziate e immediatamente riconoscibili, per evitare confusione tra gli utenti.

In una configurazione del genere particolare attenzione dovrà essere data alla fase di salita dei passeggeri. Negli impianti sciistici, infatti, è sempre presente un operatore che blocca il movimento del sistema in caso di necessità. Anche all'interno di un grattacielo questo dovrà essere applicato, per questioni di sicurezza, abbinato magari a un sistema di allarme o blocco immediato attivabile direttamente dagli utenti, come accade già oggi. Allo stesso tempo, però, la sezione centrale per il carico dovrà essere appositamente progettata. Per cominciare dovrà essere chiaro che gli utenti non possono entrare nella cabina dalla sezione dedicata alla discesa, per cui ci dovranno essere segnali ed elementi che

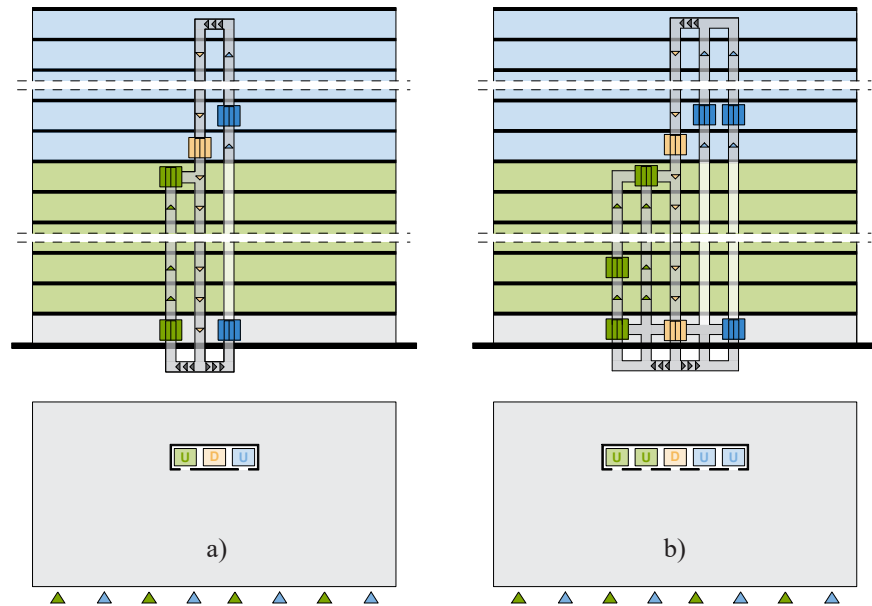
chiariscano questo, oltre magari ad una serie di sensori all'interno della cabina che potrebbero attivarsi in caso di ingresso di persone (per esempio tramite controllo del peso o l'utilizzo di fotocellule). Le cabine, nella porzione centrale, dovranno muoversi lentamente per permettere appunto alle persone di salire e dovranno muoversi all'unisono e affiancarsi, per evitare di creare spazi vuoti dove gli utenti potrebbero cadere accidentalmente. Le porte di cabina, in questo caso, potrebbero essere progettate per coprire questi vuoti in fase di carico, dovendo esse rimanere aperte. Comunicazioni sonore e luminose dovranno comunque essere integrate per controllare limiti di capacità e peso in fase di carico. Inoltre, la porzione di spazio espressamente dedicata al carico dovrà essere ben delimitata, per evitare confusione o incidenti. All'avvicinarsi delle cabine alle linee di trasporto verticale della sezione dedicata, le porte di cabina dovranno chiudersi progressivamente avvisando, sempre tramite comunicazioni sonore o simili, l'utente. Questa soluzione, per quanto possa sembrare complessa, ha suscitato particolare interesse nel gruppo di ricerca, pensando alle possibili integrazioni tra gli edifici e i trasporti pubblici urbani per esempio. Le complesse reti di scale mobili, ascensori e altri dispositivi che permettono di collegare le metro potrebbero essere sostituite da applicazioni rope-less e multidirezionali. La configurazione di un circuito contenente servizi rope-less dipende soprattutto dalla funzione dell'edificio, dal traffico atteso e da alcune scelte progettuali come, per esempio, la modalità di accesso all'edificio che possono essere riassunte come segue:

1. Al piano terra con ingressi comuni per tutte le funzioni ospitate nell'edificio, quando la separazione dei flussi avviene in un secondo momento;
2. Al piano terra con ingressi distinti a seconda delle funzioni ospitate nell'edificio, quando la separazione dei flussi avviene prima dell'entrata nell'edificio;
3. A piani differenti, separando i flussi prima di entrare nell'edificio.

Il sistema di trasporto verticale dell'edificio viene quindi progettato sulla base delle categorie adottate per il progetto. I dispositivi di risalita vengono posizionati tutti all'interno dello stesso service core ma funzionano in modo indipendente, servendo porzioni differenti dell'edificio. Nel caso di ingressi comuni all'edificio, l'accesso ai differenti bank di ascensori viene filtrato. Negli altri due casi, la distinzione dei flussi avviene prima, già all'esterno dell'edificio.

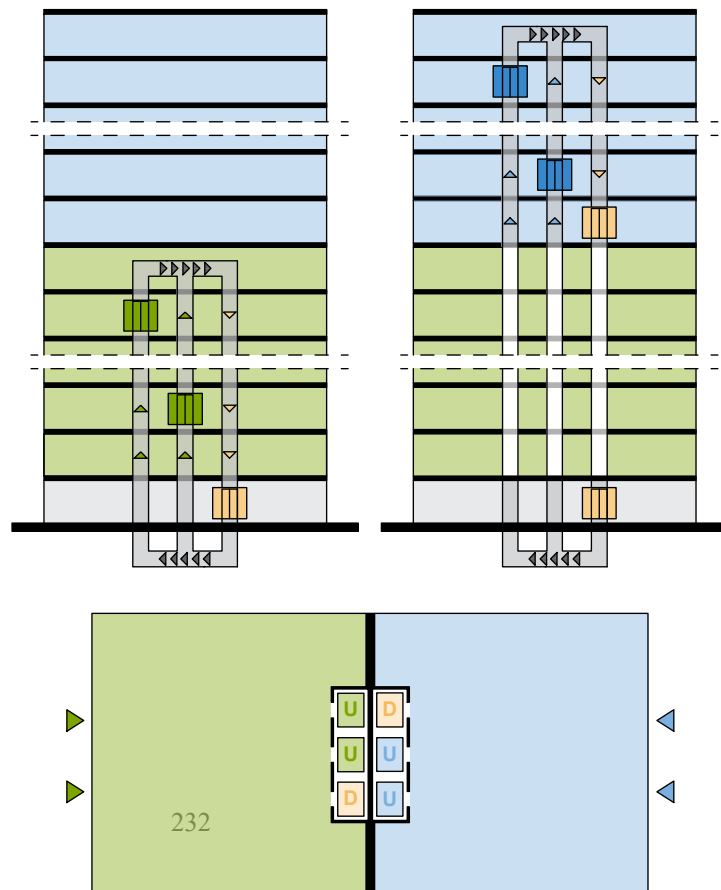
Nel caso in cui si preveda di applicare sistemi *rope-less* e multidirezionali ci sono molteplici soluzioni alternative e precauzioni da considerare. Procedendo per ordine, nel caso di un accesso comune e libero al piano terra la separazione dei flussi deve essere sempre fatta in un secondo momento. Tuttavia, a differenza delle soluzioni attuali, più flussi con destinazioni differenti potrebbero coesistere nello stesso circuito. Guardando, per esempio, lo schema di distribuzione ipotizzato in **Figura 8 a**), si vede come lungo lo stesso circuito possano viaggiare le cabine che servono le due sezioni differenti di edificio, riconoscibili dai differenti utilizzati. In questo schema, per quanto semplice, la fase

**Figura 8:** Sebbene la distinzione dei flussi, in base a destinazione e funzioni, avvenga solo all'interno della torre, un impianto rope-less e multidirezionale dovrebbe essere in grado di gestire flussi differenti con destinazioni differenti. Particolare attenzione deve essere data alla progettazione degli spazi prospicienti le cabine, in modo da non creare confusione agli utenti.



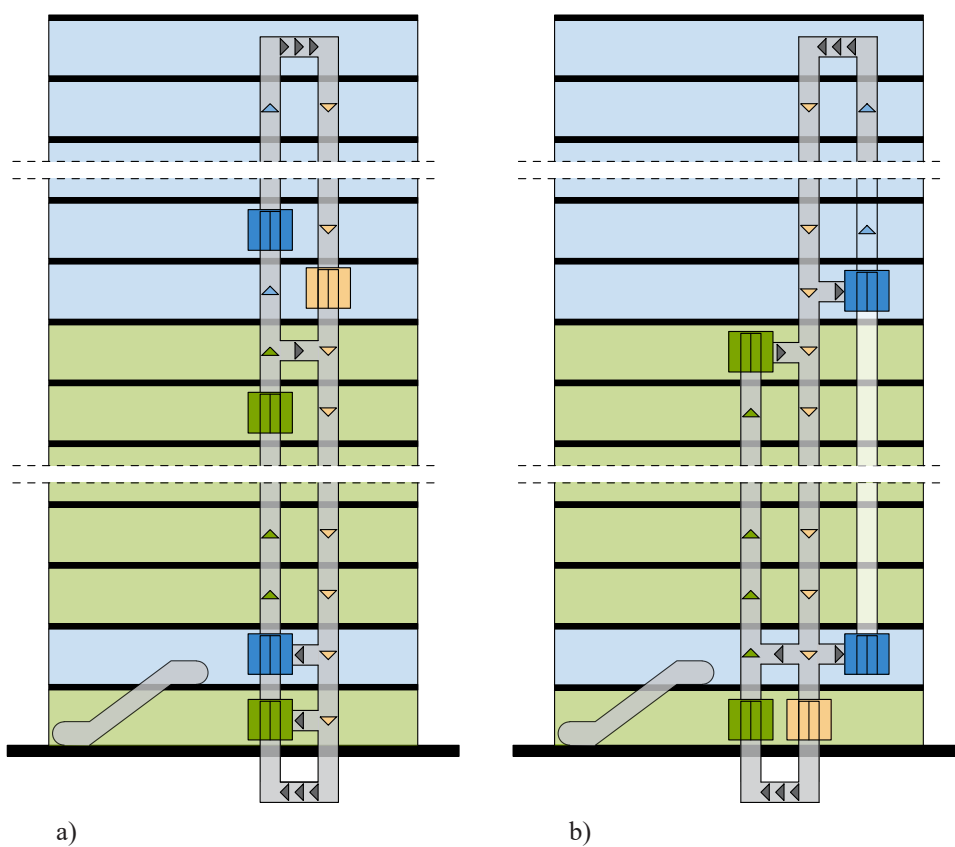
di discesa viene affidata ad una via comune, mentre quelle di salita sono assegnate a linee differenti e distinte. Una, più breve, che raggiunge i piani della sezione inferiore, mentre l'altra, più estesa, serve la porzione superiore di edificio, senza effettuare fermate in quella inferiore. L'equivalente di un sistema in *bank* convenzionale.

La **Figura 8 b)** è una soluzione più complessa, dove si utilizza un maggior numero di vie di trasporto per entrambe le zone. Nel caso di edifici molto alti, inoltre, tali vie potrebbero essere ulteriormente frazionato, come in un impianto in *bank* con servizio *low-, low-intermediate-rise* per esempio. In questa seconda configurazione, inoltre, vengono aumentati anche i tratti di collegamento orizzontale. Questo permette un



**Figura 9:** Ingressi distinti necessitano vani rope-less distinti. In questo caso si propone una configurazione con schiena portante in comune.





*Figura 10: Diverse soluzioni per la gestione del traffico verticale nel caso di accesso all'edificio su più livelli.*

doppio vantaggio. In primo luogo le cabine che arrivano dalla linea in discesa e che fanno scendere i passeggeri possono direttamente traslare a destra o a sinistra. In secondo luogo, la presenza del livello inferiore permette di mantenere in stand-by più cabine, appunto in attesa di salire lungo uno dei tracciati, rendendo il servizio ancora più efficiente.

Soluzioni simili, come si può vedere in **Figura 9**, possono essere applicate anche nel caso della seconda categoria di accesso alla torre, quando ad ogni ingresso corrisponde una batteria di ascensori che conduce ad una specifica porzione - e funzione - di edificio. Nel caso della rappresentazione i due circuiti sono stati collocati con una schiena portante in comune, mentre la distribuzione verticale avviene in modo simile a quelli presentati precedentemente.

Entrambe le configurazioni permettono di avere più spazio servito a disposizione ai piani superiori, dove le linee del circuito della porzione inferiore non ci sono. Inoltre, combinando insieme le linee di discesa ci sarà un'ulteriore ottimizzazione nell'uso dello spazio.

Infine, nel caso di accessi su più livelli distinti i sistemi rope-less permetterebbero di ottimizzare l'uso dello spazio. In fase di studio sono state sviluppate due possibili applicazioni del sistema. La prima, riportata in **Figura 10 a)**, sebbene i livelli di partenza siano distinti le linee dei circuiti sono in comune, permettendo sia alle cabine della sezione inferiore sia a quelle della sezione superiore di viaggiare lungo lo stesso tracciato. I collegamenti orizzontali, in questo caso, non sono solo alle estremità del circuito ma anche in corrispondenza del piano di cambio di funzione. Nella seconda versione, invece, rappresentata in **Figura 10 b)**, il circuito non è totalmente in comune ma ogni funzione ha la propria linea in salita, la condivisione sarebbe solo nelle linee di discesa. Anche in questo caso i collegamenti orizzontali tra le varie linee devono essere previsti almeno in corrispondenza di alcuni nevralgici del circuito.

## 7.2 Strategie alternative di *dispatching*

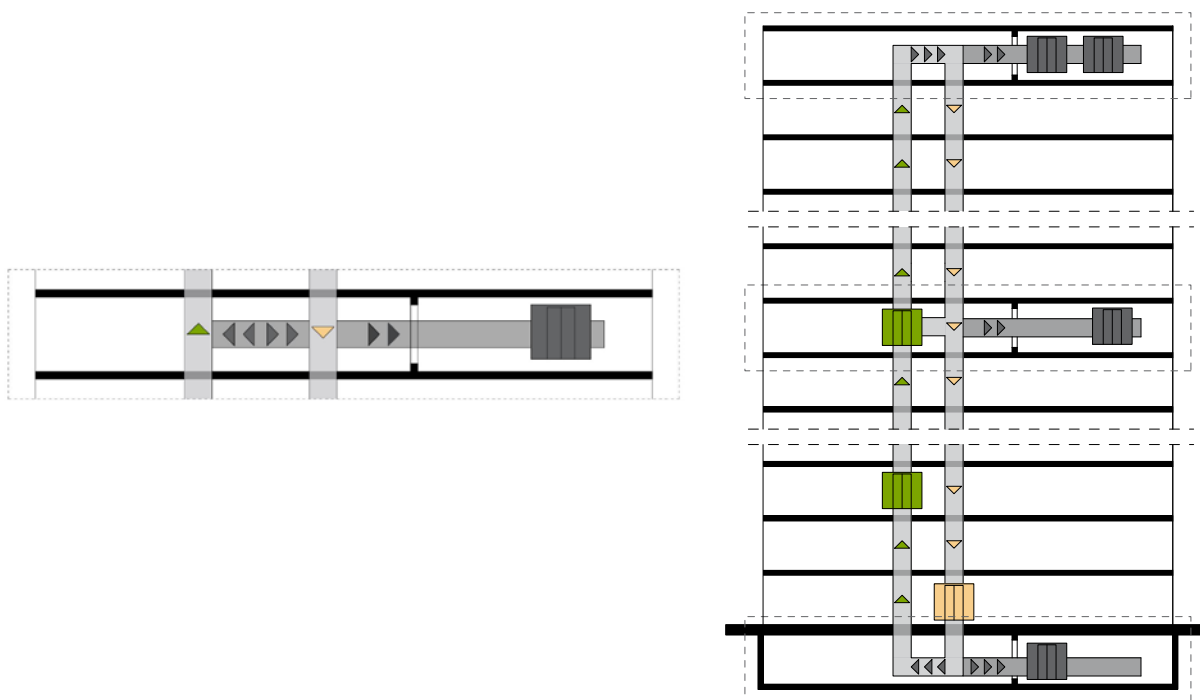
Le varie alternative di *dispatching* attualmente utilizzate suggeriscono una gerarchizzazione dei flussi, tramite la distinzione tra cabine *express* e *local*, inserendo *sky-lobby*, o organizzando la circolazione in sezioni sovrapposte. Stando alle proposte di thyssenkrupp, i sistemi rope-less e multidirezionali potrebbero sostituirsi ai sistemi *express* collegando contemporaneamente più *sky-lobby* successive e assegnando il servizio *local* a impianti convenzionali (Capitolo 4). Questo perché l'obiettivo principale è quello di ridurre lo spazio occupato dagli impianti di trasporto a favore delle superfici utili, con chiari risvolti economici.

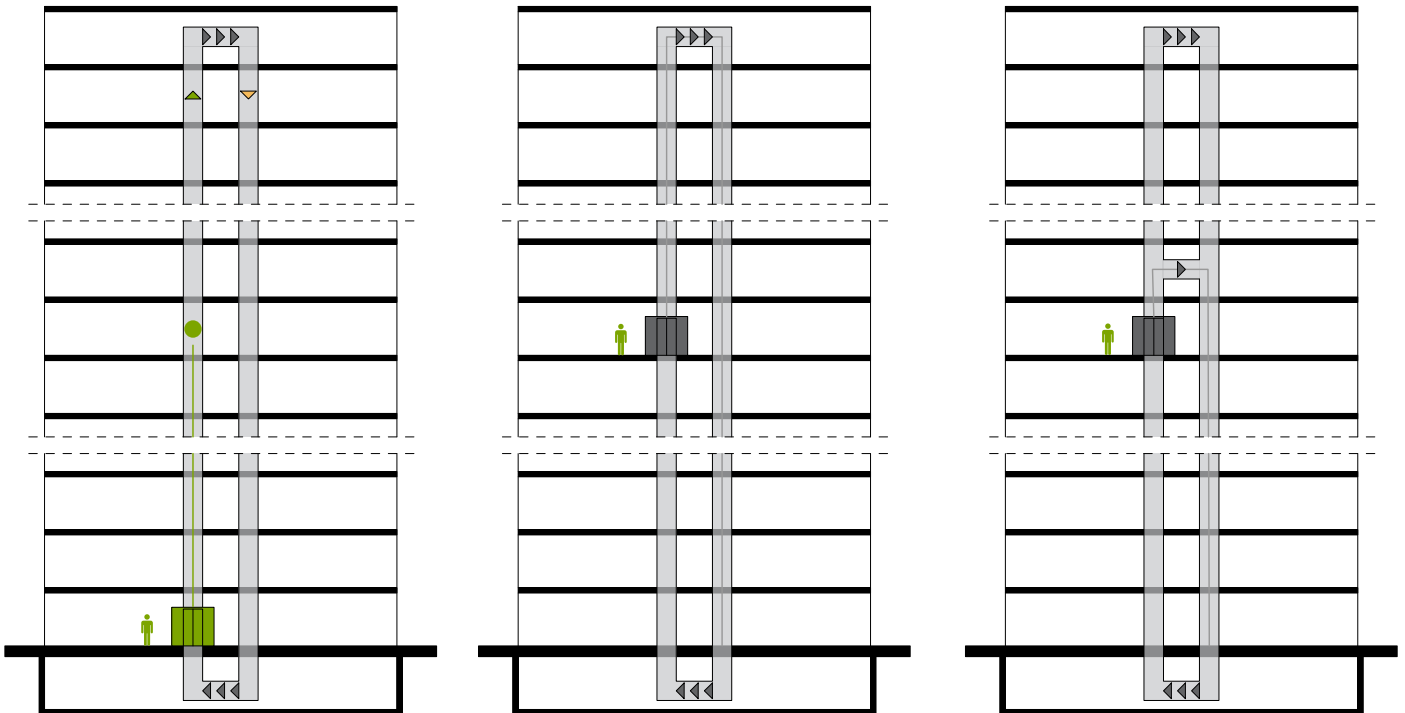
Approcciando questo primo obiettivo e grazie allo studio di altri dispositivi non convenzionali che sono stati proposti nel corso degli anni sono state avanzate alcune considerazioni, ritenute utili per le successive fasi di sviluppo del prodotto.

Per prima cosa si ritiene fondamentale prevedere lungo l'estensione della torre delle aree di stoccaggio, dove le cabine possano rimanere parcheggiate, in attesa di entrare in servizio (Figura 11). Si tenga a mente che thyssenkrupp e anche le altre aziende che hanno proposto sistemi di trasporto simili in passato hanno indicato edifici molto alti come applicazioni preferenziali.

**Figura 11:** Rappresentazione indicativa delle aree di stoccaggio distribuite lungo l'estensione del circuito. Un tratto orizzontale collega tutte le linee con tali aree, in modo che tutte le cabine possano facilmente raggiungerle. Gli spazi devono essere pensati per lo stoccaggio e la manutenzione delle cabine.

In alcuni punti strategici dello sviluppo del loop devono essere previste delle aree in cui alcune cabine possono essere parcheggiate. Alcune cabine, per esempio, possono rimanere parcheggiate all'interno di queste aree e immesse nel circuito sono in caso di necessità. Per esempio, durante le fasi di picco di traffico, quando un maggior numero





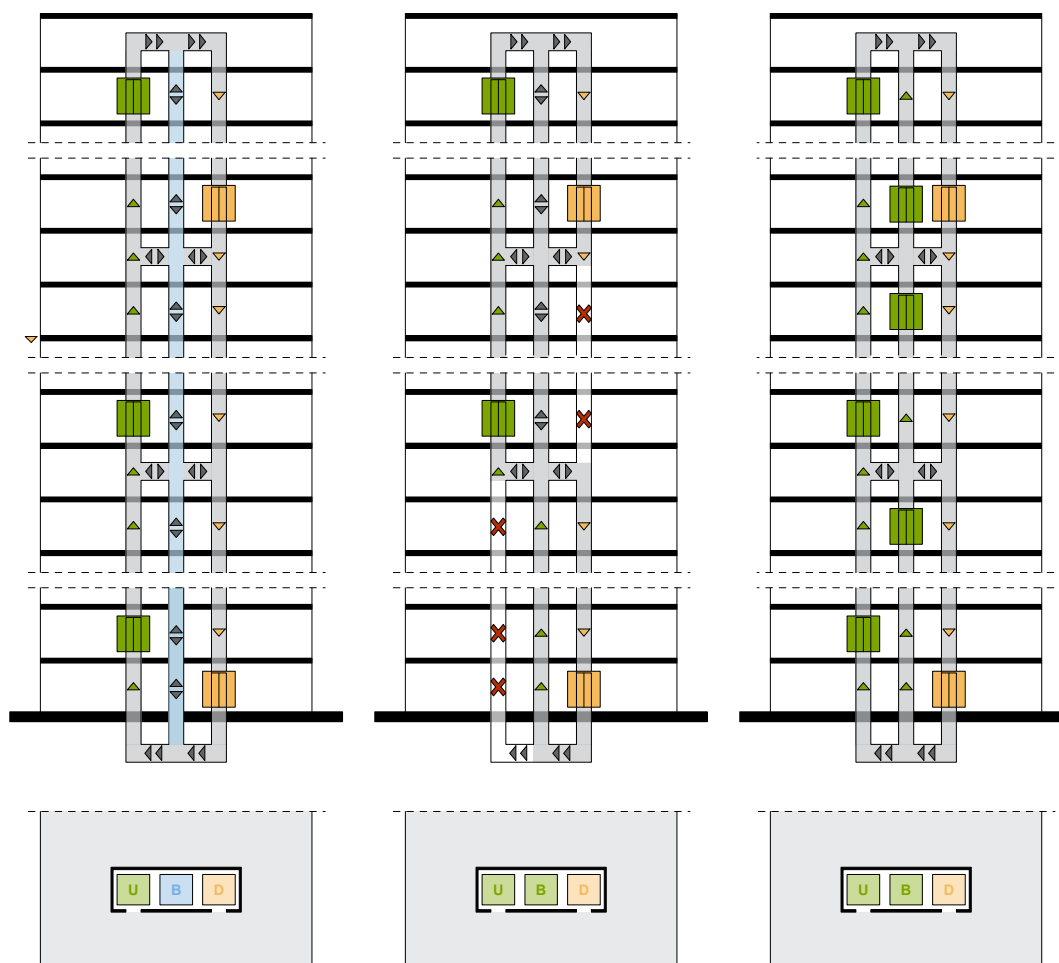
di cabine potrebbe essere necessario per smaltire più rapidamente il traffico. Al termine, le cabine in eccesso, che non servono durante il corso ordinario della giornata, possono rientrare in questi spazi e rimanere in stand-by, in attesa di essere richiamate nel circuito. Gli spazi di stoccaggio dovrebbero essere distribuiti lungo l'edificio, in posizioni strategiche come: sky-lobby, piani meccanici e alle due estremità del circuito. Un altro vantaggio è che se il tempo di attesa perché una cabina già in circolo raggiunge una chiamata ad un piano risulta eccessivo, una di quelle parcheggiate nelle aree di stoccaggio, se più vicina, può essere immessa nel loop per rispondere a quella prenotazione.

Le aree di stoccaggio, inoltre, dovrebbero essere attrezzate anche per attività di manutenzione sia per le cabine che per l'impianto in generale. Così facendo, gli elementi che devono essere sottoposti a controlli, possono essere condotti in tali aree dove gli operatori possono lavorare in totale sicurezza e senza che il servizio venga in alcun modo alterato.

Altrettanto importante per il funzionamento complessivo del circuito è prevedere più connessioni orizzontali tra le varie vie. Così facendo, le cabine non dovranno percorrere l'intero circuito prima di poter ridiscendere verso il piano terra (**Figura 12**).

La cabina, dopo aver trasportato il passeggero a destinazione, per poter ridiscendere al piano terra, dovrebbe continuare la corsa fino a raggiungere l'estremità superiore del circuito. Una simile configurazione causerebbe un'estensione non accettabile dei tempi di percorrenza e di attesa. Per questo motivo è fondamentale inserire più collegamenti orizzontali, con criterio e logica, in base al numero di piani, alle funzioni e alle prestazioni richieste al sistema di trasporto.

*Figura 12: Sequenza di immagini per sottolineare l'importanza di prevedere più collegamenti orizzontali lungo l'intera estensione del circuito.*



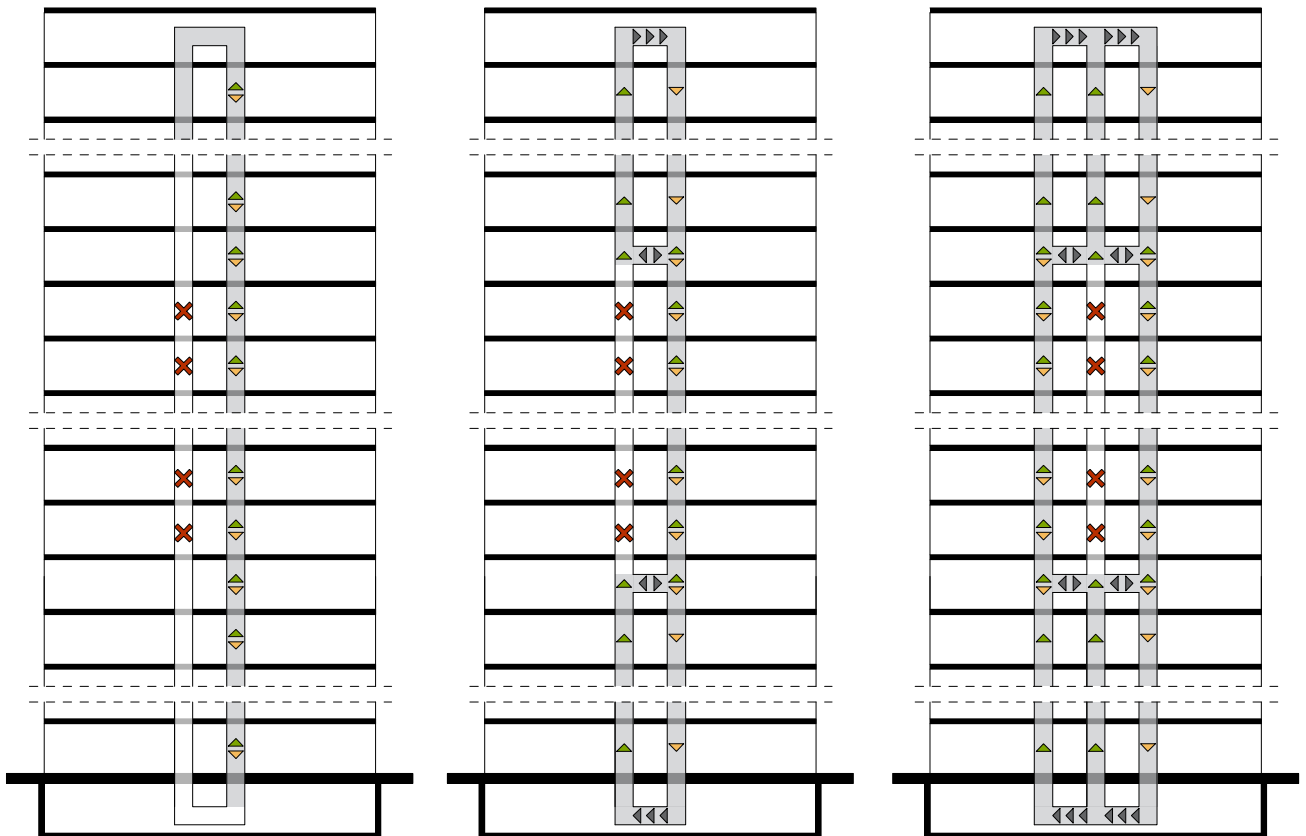
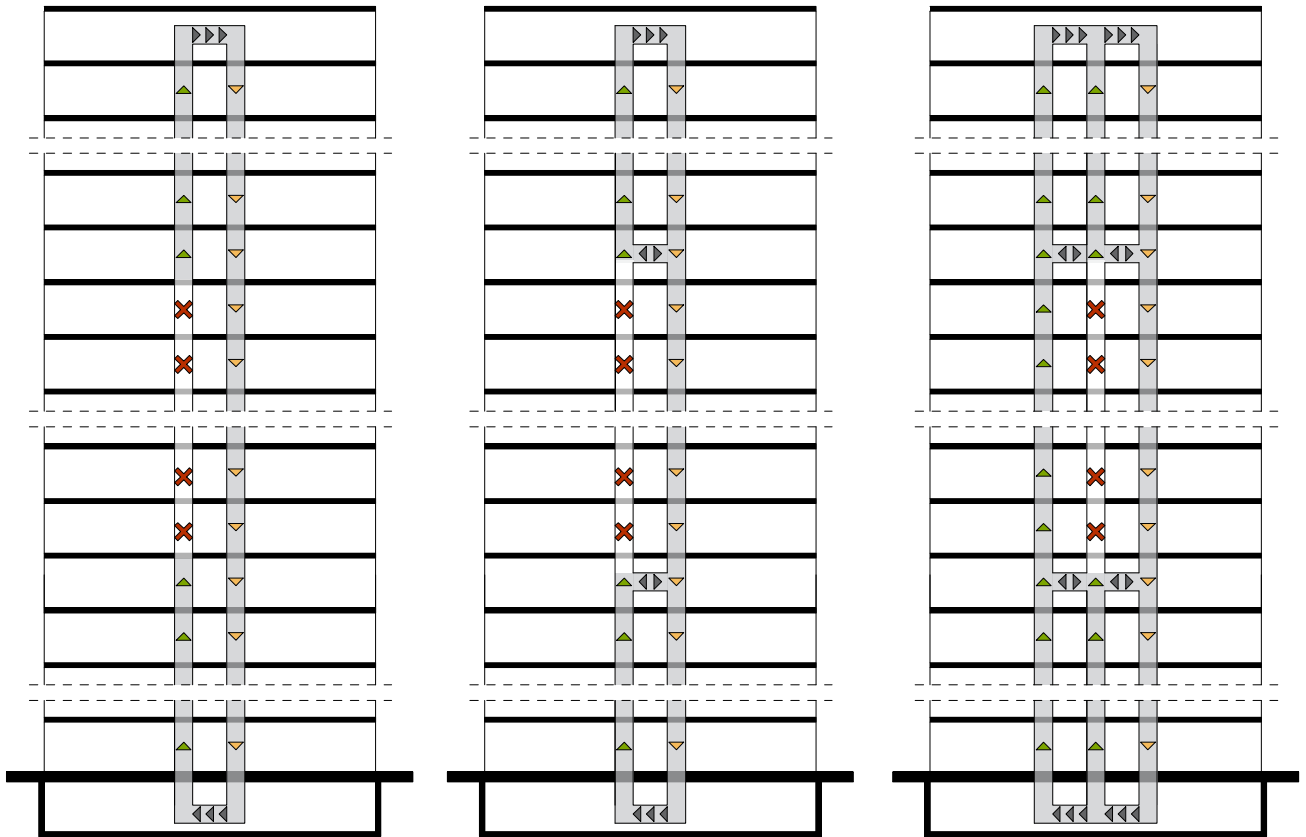
**Figura 13:** La presenza di una linea di back-up, in questa configurazione collocata al centro, può essere utile in caso di temporanea interruzione del servizio lungo una porzione o un'intera linea del circuito.

**Figura 14:** a) in caso di loop semplice, senza connessioni orizzontali, se una linea è fuori uso l'altra dovrà gestire sia il traffico in salita che in discesa, come un impianto convenzionale; b) la presenza di connessioni orizzontali permette di creare una serie di tracciati alternativi per bypassare la porzione di circuito fuori servizio; c) una linea di back-up assicura un efficiente funzionamento dell'impianto anche in caso di malfunzionamento, interruzione temporanea del servizio lungo alcuni tratti o durante operazioni di manutenzione.

Data l'importanza di assicurare un trasporto efficiente sono state avanzate poi alcune considerazioni riguarda la predisposizione di linee denominate di back-up (si veda **Figura 13**). Si tratta di linee attivabili in caso di bisogno per un temporaneo malfunzionamento di altre parti del circuito. Inoltre, in caso di inaspettato sovraccarico di traffico, la linea di back-up può essere utilizzata in supporto. Infine, potrebbe anche essere utilizzata come linea di collegamento diretto, una sorta di corsia di emergenza, in alcune situazioni. Per esempio, in caso di soccorso da parte di personale specializzato ai piani, che avrebbero quindi una corsia preferenziale e diretta.

Nelle sequenze rappresentate in **Figura 14** sono stati sviluppati alcuni ragionamenti riguardo schemi alternativi di circolazione, nel caso appunto che alcune linee o porzioni di esse possano essere temporaneamente fuori uso, anche per semplice manutenzione. Come già sottolineato in precedenza, il numero delle linee rappresentate è solo indicativo.

Successivamente, sono state proposte soluzioni di dispatching più complesse sviluppate nelle esercitazioni progettuali. Tenendo a mente l'obiettivo principale di offrire un servizio efficiente ma di ridurre al minimo lo spazio dedicato agli impianti, si è deciso di affidare al circuito rope-less sia il servizio express sia quello locale, proponendo le configurazioni seguenti.

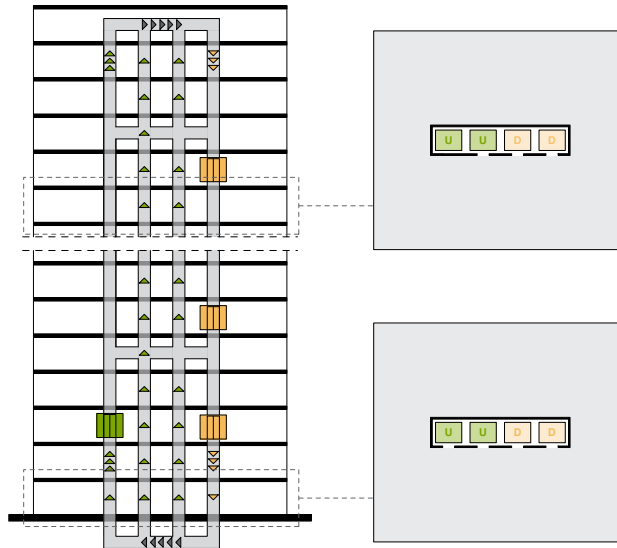


a)

b)

c)

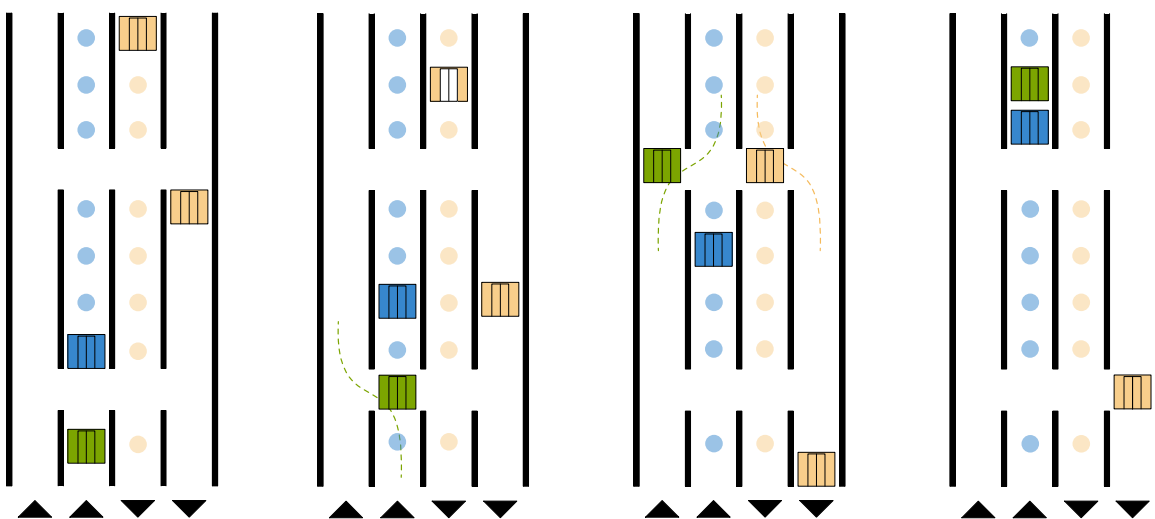
**Figura 15:** Le linee più esterne, *express*, collegano il piano terra ai piani superiori dell'edificio, ospitanti funzioni specifiche come piani pubblici o lobby.



Una prima possibile configurazione è rappresentata in **Figura 15**, dove si vedono due linee *express* agli estremi del circuito e quelle locali collocate al centro. L'idea è che, nel caso il progetto dell'edificio preveda delle funzioni specifiche in sommità, gli ascensori per servirle potevano essere diretti e integrati. Si pensi, per esempio, alla sempre più frequente scelta di collocare terrazze panoramiche ai livelli più alti degli edifici. Inoltre, queste linee *express* potrebbero anche fungere da linee di supporto al trasporto locale, se necessario. In questa configurazione si è pensato che la linea di discesa potessero essere condivisa sia per il servizio locale che per quello *express*.

**Figura 16:** La cabina verde invece di attendere in coda alla cabina blu, per rispondere alla chiamata all'ultimo livello può traslare lungo la linea *express* più esterna e letteralmente superare quella blu. La cabina rosa, invece, dopo aver servito la chiamata al piano, non avendo ricevuto altre chiamate in discesa, può traslare nella linea di discesa *express* e raggiungere più velocemente il piano terra.

Per questo tipo di configurazione i collegamenti orizzontali sono fondamentali. Si è infatti proposto che le cabine di servizio locale possano utilizzare la linea esterna *express* per superare eventuali altre cabine, velocizzando così il servizio, si veda la sequenza rappresentata in **Figura 16**. In questa configurazione le cabine potrebbero essere paragonate a delle vetture vere e proprio ma automatizzate.

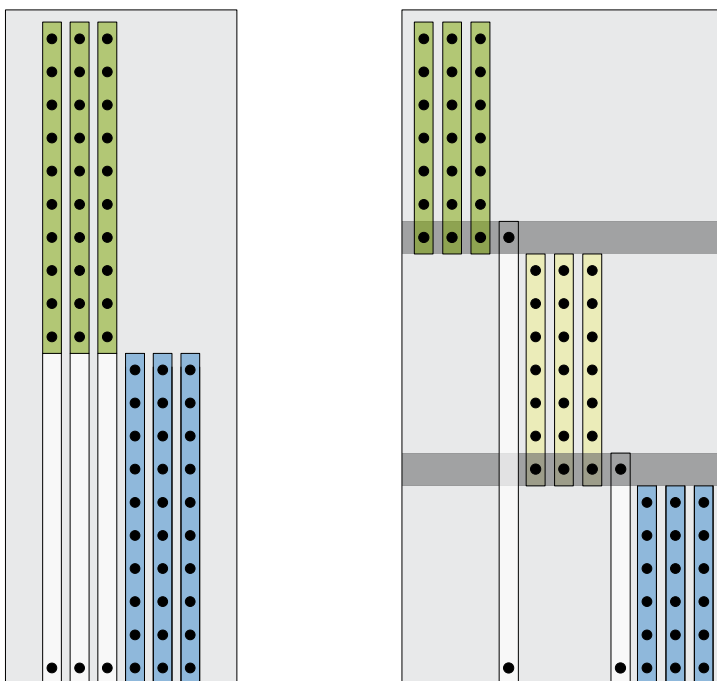


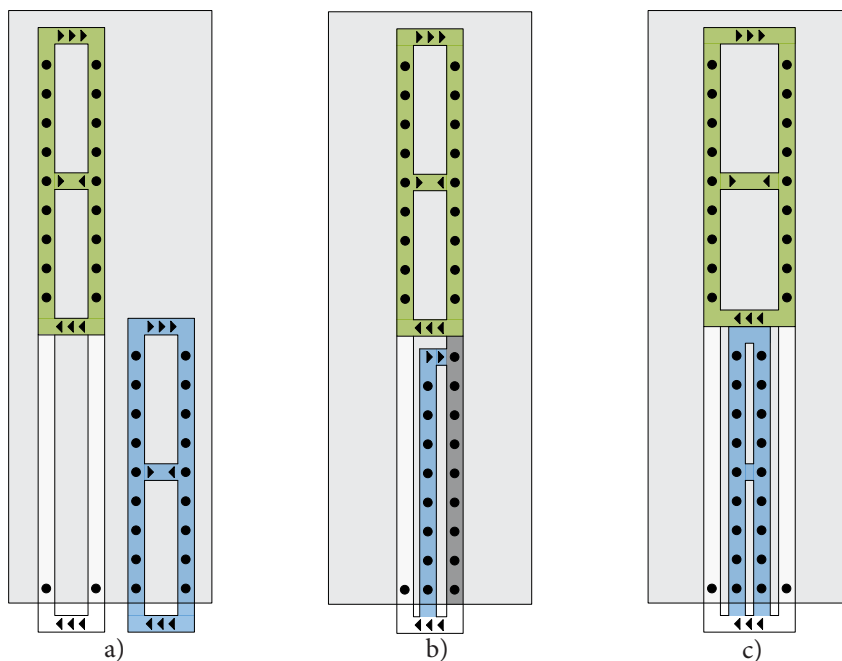
Rifacendosi invece alle modalità di dispatching convenzionali, sono stati formulati differenti schemi alternativi. Come già accennato in precedenza, una delle strategie è quella di suddividere gli edifici alti per porzioni di piani serviti da batterie di ascensori differenti (si veda **Figura 17**), questo per ottimizzare il servizio e occupare meno spazio, organizzando così la circolazione in *low-* (eventualmente *mid-*) e *high-rise*. Lo step successivo è quello di inserire le sky-lobby intermedie, che fungono da piano di scambio per i passeggeri che passano dal sistema express a quello locale (si veda sempre **Figura 17**). Nel caso di edifici particolarmente alti e complessi, il servizio locale di questa ultima configurazione può essere a sua volta frammentato in *low*, *mid* e *high-rise*.

La soluzione più semplice per inserire un dispositivo rope-less e multidirezionale è quella di sostituire i numerosi vani che sarebbero altrimenti necessari con dei circuiti chiusi, come in **Figura 18 a**). Il circuito azzurro va a sostituire i vani dedicati al low-rise, quello verde per il servizio *high-rise*. Sono ovviamente da prevedere collegamenti orizzontali intermedi e aree di sosta e parcheggio lungo lo sviluppo verticale dell'edificio, per rendere il servizio più efficiente.

La variazione successiva, **Figura 18 b**), crea un circuito più complesso ma più integrato, si ricorda che il numero di linee utilizzato è solo indicativo. Così facendo, il circuito *low-rise* e quello *high-rise* coesistono, integrandosi e condividendo solo la linea in discesa. In un sistema automatizzato come dovrebbe essere quello rope-less, le cabine potrebbero anche non essere espressamente assegnate ad una piuttosto che ad un'altra zona. Esse potrebbero viaggiare lungo il circuito indistintamente e registrare qualsiasi chiamata, i tragitti da seguire una

**Figura 17:** Rappresentazione schematica di due sistemi di dispatching convenzionali. Organizzazione low- e high-rise sulla sinistra e utilizzo di sky-lobby con servizio express e local sulla destra.



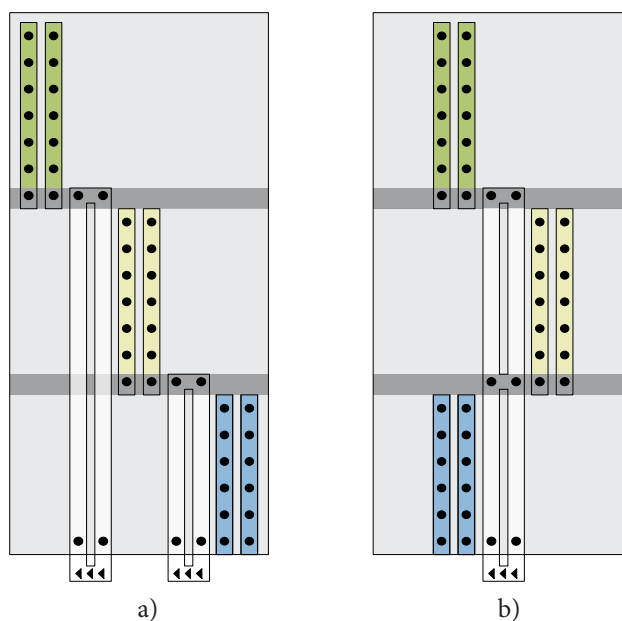


volta registrata la prenotazione, però sarebbero distinti a seconda della porzione di edificio che stanno servendo.

Infine, per evitare di far confluire tutto il traffico in discesa lungo le stesse linee, e per ottimizzare ancora di più lo spazio a disposizione, l'ultima proposta è quella rappresentata in **Figura 18 c)**. Il sistema low-rise, un circuito del tutto indipendente, è letteralmente racchiuso tra le linee del servizio high-rise. e i collegamenti orizzontali dei due sistemi sono distinti e separati.

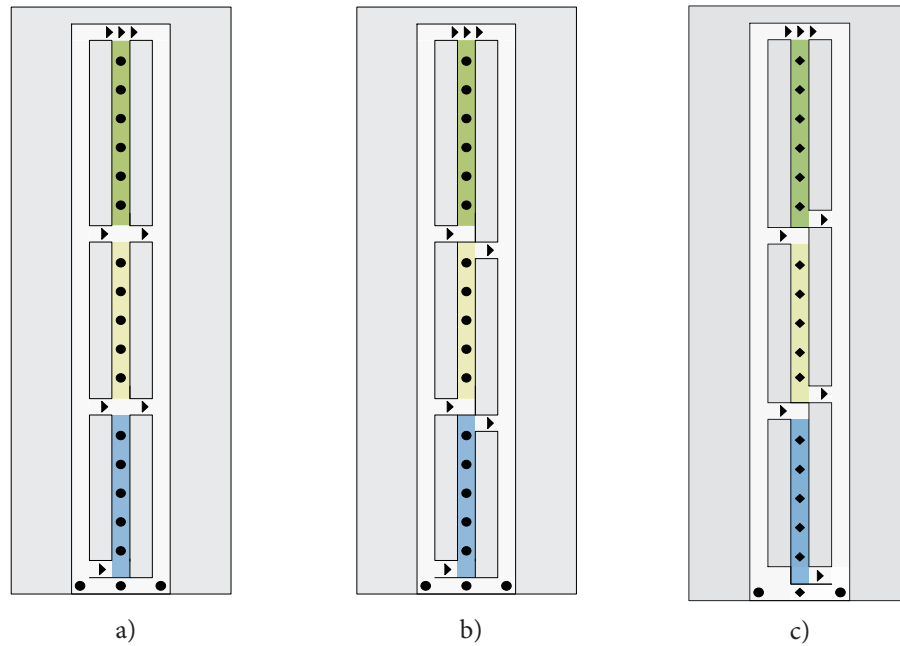
**Figura 18:** a) Semplice sostituzione dei sistemi low-rise e high-rise con rispettivi circuiti chiusi; b) integrazione dei circuiti dedicati alle due porzioni di edifici, in modo tale che le colonne in discesa siano comuni; c) integrazione dei due servizi senza condivisione delle linee.

Per quanto riguarda la configurazione a sky-lobby, anche in questo caso, il primo step vede la sostituzione del sistema express con un circuito semplice, come raffigurato in **Figura 19 a)**. I due circuiti collegano il piano terra con le sky-lobby di riferimento direttamente,



**Figura 19:** a) semplice sostituzione dei sistemi express con circuiti rope-less di base; b) un unico circuito, più complesso, viene utilizzato per servire tutte le sezioni dell'edificio, i collegamenti orizzontali corrispondono alle sky-lobby e ai piani di scambio.





senza effettuare fermate intermedie. Raggiunti i livelli di scambio, i passeggeri possono utilizzare sistemi local.

La **Figura 19 b)**, invece, propone di utilizzare un unico sistema loop per servire le *sky-lobby* in successione, come descritto in precedenza. Procedendo, per quanto la circolazione possa essere così gestita in modo migliore, tramite lo sviluppo di alcuni casi studio presentati in precedenza sono stati formulati altri schemi di dispatching, si veda **Figura 20**.

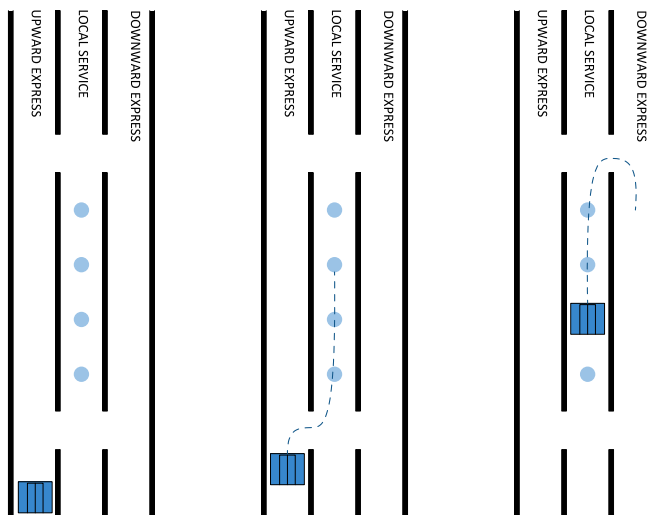
Qui il sistema express e quello local sono gestiti insieme, all'interno dello stesso circuito. L'obiettivo è quello di sfruttare al meglio la possibilità delle cabine di traslare orizzontalmente. Nello specifico non esistono cabine express o local, quanto piuttosto linee express e local. Quelle indicate in bianco sono le linee lungo le quali le cabine possono viaggiare in modo diretto, senza effettuare servizi al piano e, se sarà possibile, ad una velocità maggiore. Per effettuare il servizio ai piani, le cabine trasleranno lungo il collegamento orizzontale per raggiungere la linea local. Mentre nel primo disegno le cabine possono condividere tutti i tracciati, nel secondo e nel terzo i tracciati sono separati. Le cabine entrano nella sezione da servire e continuano a salire servendo i vari piani, al termine possono traslare nuovamente e scendere entrando nella linea express in discesa.

Uno schema del tracciato che le cabine potrebbero seguire in tale configurazione è rappresentato in sequenza in **Figura 21**.

Le soluzioni presentate sono solo una selezione delle possibili alternative di dispatching rese possibili dai sistemi rope-less. Si tratta di configurazioni dedotte e pensate sulla base della ricerca e dell'analisi dei casi studio prodotti. Non essendo possibile condurre delle simulazioni, tutte le alternative proposte sono state discusse, modificate e approvate dal team di ricerca coinvolto, comprensivo di progettisti, consulenti di trasporto verticale e strutturisti.

*Figura 20: sistema express e local integrati nello stesso circuito. Possibili alternative di gestione del traffico a seconda delle specifiche di progetto.*

*Figura 21: sequenza di immagini per rappresentare i possibili spostamenti di una cabina per effettuare il servizio al piano in una configurazione dove sistema express e local coesistono.*

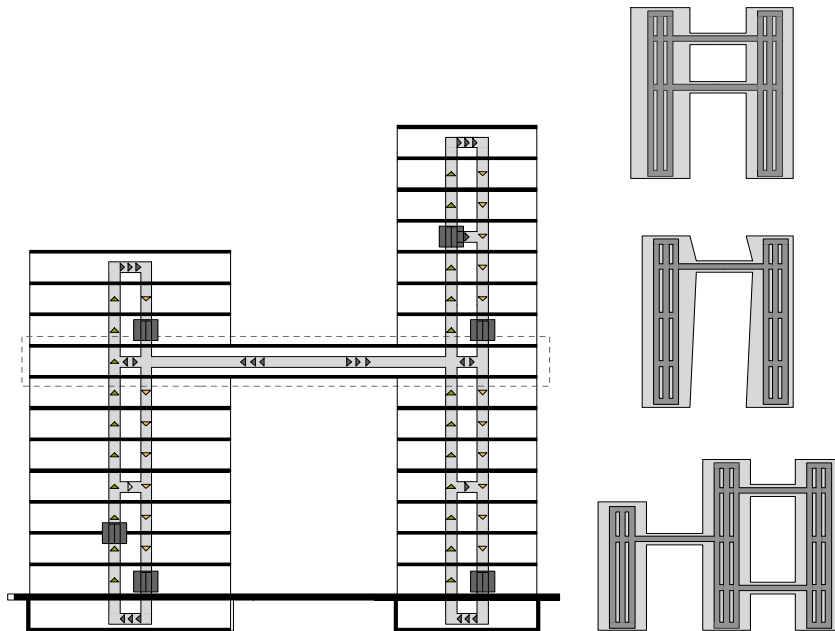


### 7.3 Possibili integrazioni dei dispositivi rope-less nei collegamenti orizzontali

Tramite le esercitazioni progettuali condotte è emerso che l'integrazione dei sistemi rope-less e multi-car anche all'interno degli sky-bridge e in generale dei collegamenti sempre più frequenti tra gli edifici alti, potrebbe portare non solo a delle soluzioni architettoniche interessanti ma anche un nuovo modo di concepire la circolazione negli edifici. Thyssenkrupp, nelle fasi iniziali, non tiene in considerazione questa possibilità, al contrario di altre aziende, come Otis quando ha proposto il sistema Odyssey, che non solo mirano ad andare oltre alla monodirezionalità del sistema di trasporto ma vedono lo spostamento in orizzontale delle cabine come una opportunità per creare reti di trasporti integrate, dove la distinzione tra impianto interno di un edificio e esterno, urbano, sono quasi difficili da rintracciare.

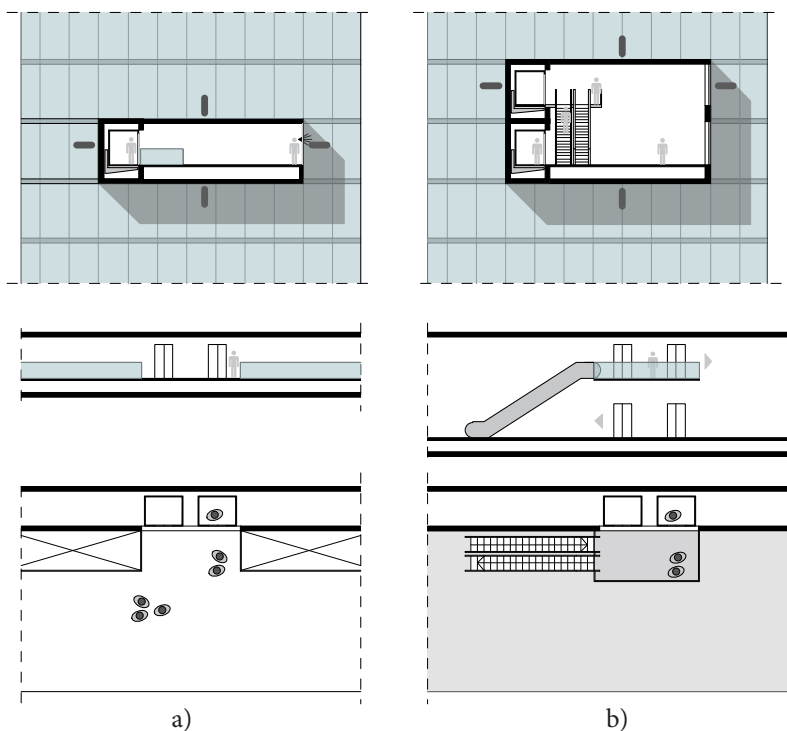
Inoltre, grazie alle analisi conoscitive condotte, è emerso che la tipologia a cluster di torri, collegate tra loro a più livelli, per quando non possa ancora competere numericamente con altre soluzioni formali più diffuse, sta riscuotendo un significativo successo in termini di qualità dello spazio progettato, dando agli abitanti delle torri una sorta di valore aggiunto. I progetti analizzati e le considerazioni fatte, permettono di avanzare l'idea che tali spazi orizzontali sempre più presenti e apprezzati nel settore degli edifici alti possano essere ulteriormente valorizzati dall'integrazione con il sistema di trasporto.

Una prima considerazione propone di destinare questi bridge ad ospitare il sistema di trasporto rope-less, come suggerito in **Figura 22**. Il tratto orizzontale sarebbe ovviamente integrato al resto del circuito, permettendo soluzioni formali e schemi distributivi molto più complessi e stratificati di quelli di oggi. Due o più torri potrebbero essere progettate per essere facilmente collegate tra loro grazie al sistema di trasporto. Nello schema viene indicato un unico tracciato orizzontale dove le cabine condividono la schiena portante. Così facendo una linea viene utilizzata per muoversi in un verso e quella dall'altro lato nella direzione inversa.



*Figura 22: Lo sky-bridge ospita il tratto orizzontale del circuito rope-less, mettendo in collegamento diretto le due (o più) torri del cluster.*

Volendo, l'impianto potrebbe essere pensato affinché i passeggeri possano godere del panorama esterno, come suggerisce la **Figura 23 a)**, utilizzando una finitura trasparente da un lato della cabina. La trasparenza, tuttavia, deve essere annullata quando la cabina rientra nei circuiti verticali, ma la cosa è facilmente ottenibile con soluzioni tecnologiche di trattamento delle superfici vetrate. Sempre, in **Figura 23 b)**, una seconda opzione vede una linea di collegamento a due livelli, in modo che una via si muova in una direzione e l'altra nel verso opposto. In tal caso sarà necessario prevedere un area di carico e scarico se le cabine effettuano fermate lungo il tratto orizzontale.

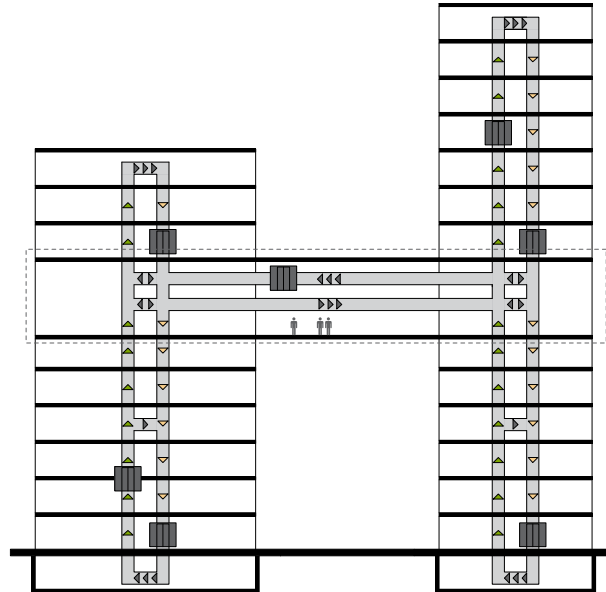


*Figura 23: I collegamenti orizzontali possono essere panoramici, come nel disegno a), o permettere l'accesso allo sky-bridge, come alla lettera b). Sulla destra la linea di distribuzione superiore potrebbe essere collegata al piano dello sky-bridge tramite delle scale mobili mentre la linea inferiore potrebbe essere allo stesso livello.*

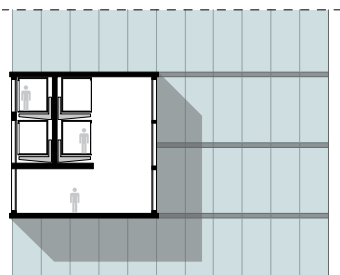
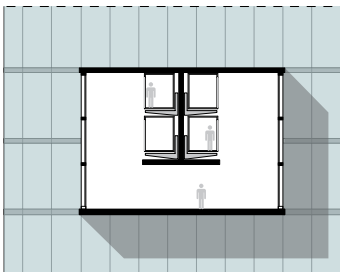
**Figura 24:** Il tracciato è a due livelli e permette la fruizione dello spazio sottostante, permettendo l'inserimento di servizi e funzioni.

**Figura 25:** Nel primo caso il tracciato rope-less è collocato centralmente e permette la totale fruizione dello spazio sottostante, i passeggeri della cabina possono vedere quello che accade all'interno dello sky-bridge. Nel secondo caso, una delle due linee è collocata in prossimità della facciata dello sky-bridge, e i passeggeri possono osservare il panorama scorrere davanti a loro.

Fonte: i disegni sulla destra sono di Gianluca Contran



Sono stati poi sviluppati schemi più complessi, facendo riferimento ad alcuni casi studio. Si faccia per esempio riferimento a **Figura 24**, dove il tratto orizzontale non solo è a due piani ma permette anche una fruizione dell'ambiente sottostante. Un'ipotesi di come potrebbe apparire lo spazio in un ambiente così progettato è proposta in **Figura 25**. Gli sky-bridge, così facendo, potrebbero ospitare svariate funzioni



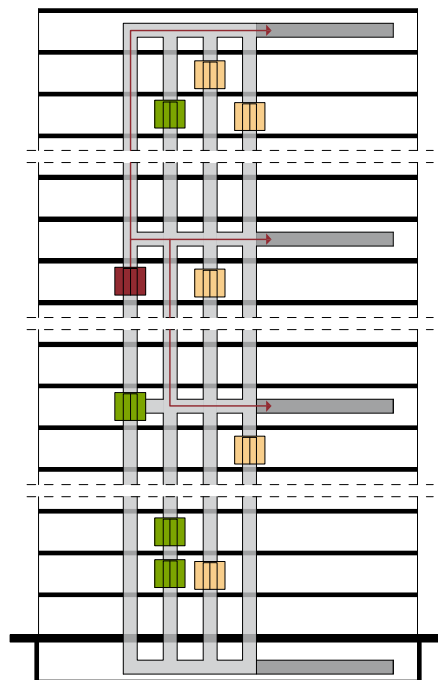
e servizi ma servire anche come elementi integrati alla circolazione. Questo succede già oggi ma non tramite l'utilizzo di ascensori, non potendo quelli attualmente in commercio muoversi lungo tracciati diversi da quello verticale.

Le soluzioni presentate sono solo alcune di quelle sviluppate negli esercizi progettuali e sono state scelte per avanzare alcuni spunti di ragionamento, mettendo in evidenza le criticità ma anche le nuove possibilità di progettazione di un edificio alto che i sistemi rope-less renderebbero possibili. Le connessioni orizzontali potrebbero condurre a nuove forme del tipo edilizio dell'edificio alto, creando morfologie nuove, più dinamiche e più complesse. Tuttavia, una interconnessione tra gli edifici potrebbe portare anche ad una maggiore connessione e relazione con il contesto urbano in cui si inseriscono, riuscendo meglio ad integrarsi con la rete di trasporto. Si tratterebbe di non dover più fare riferimento al solo piano terra ma avverrebbe una vera e propria moltiplicazione di quest'ultimo, con molti vantaggi.

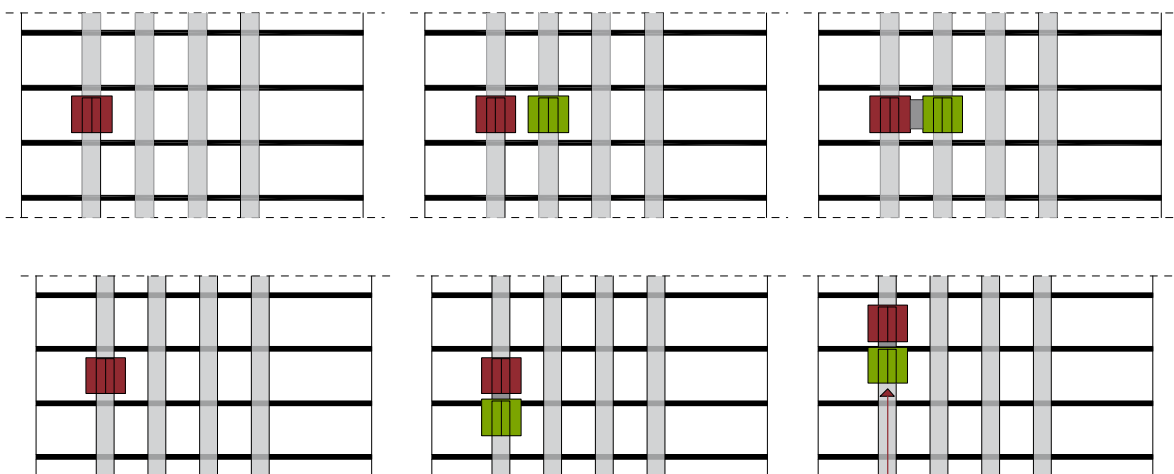
#### 7.4 Riflessioni su alcuni aspetti legati alla sicurezza dei dispositivi

Sebbene le soluzioni presentate siano ipotetiche, esse hanno comunque permesso di avanzare alcune considerazioni in termini di sicurezza.

In primo luogo, si è pensato che si dovrebbero sviluppare alcune cabine speciali, appositamente progettate per alcune esigenze specifiche. Per esempio, potrebbe esserci una cabina per il primo soccorso, magari di dimensioni leggermente differenti, o una utilizzabile solo dai vigili del fuoco, entrambe magari attrezzate con dispositivi e strumentazioni specifiche (**Figura 26**). Queste cabine resterebbero parcheggiate nelle aree



*Figura 26: La cabina speciale dopo aver effettuato il servizio richiesto può rientrare in una delle aree di stoccaggio o, nel caso trasporti persone che hanno bisogno di soccorso, direttamente al piano terra.*



**Figura 27:** possibili modalità di soccorso da parte delle cabine speciali. Esse possono trainare quelle da soccorrere o, se necessario, collegarsi ad esse permettendo alle persone di passare da un'altra. La figura riporta alcune sequenze, da leggere in orizzontale, di possibili approcci.

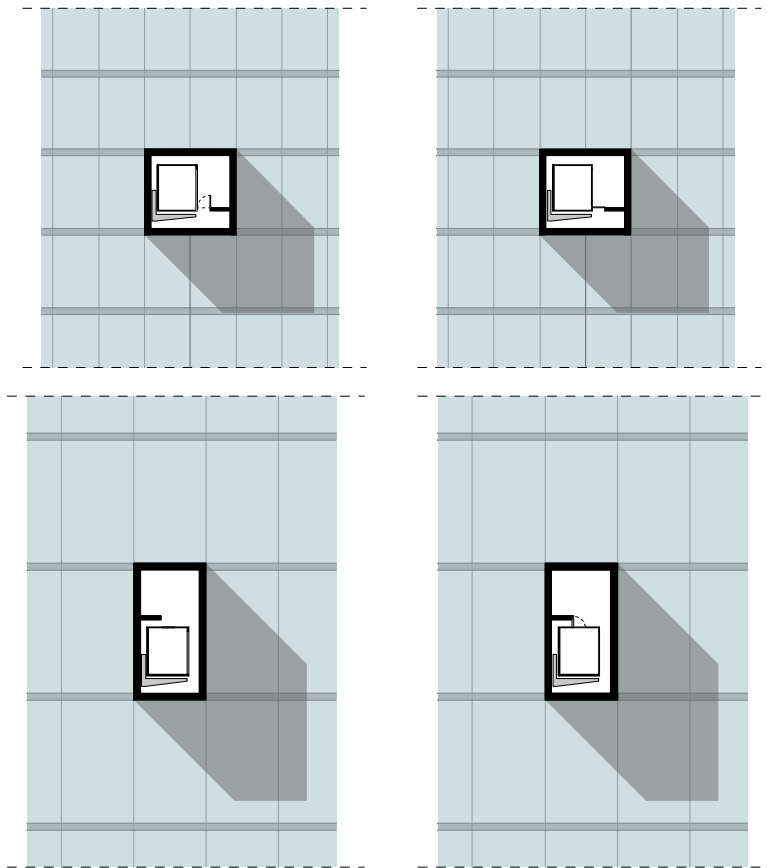
Nel primo caso la cabina di soccorso (in verde) raggiunge quella che ha richiesto soccorso (in rosso) lateralmente, utilizzando la linea di circolazione parallela. Una volta avvicinata, tramite un sistema di passerelle e la predisposizione della struttura della cabina, le due possono essere messe in diretta comunicazione.

Nel secondo caso, invece, la cabina di soccorso raggiunge quella in difficoltà sulla stessa linea, la aggancia in sicurezza e la spinge, o traina, fino all'area di manutenzione e stoccaggio.

di stoccaggio, pronte per entrare in circolazione quando necessario. Tali cabine avrebbero l'assoluta precedenza, permettendo al personale di raggiungere il punto in cui è richiesto l'intervento il prima possibile. Potrebbero poi esserci delle cabine pensate per la manutenzione dell'impianto, in grado di muoversi lungo i tracciati e attrezzate per permettere agli operatori di intervenire sugli elementi del circuito in totale sicurezza. Grazie alle linee di back-up o alla possibilità di deviare il traffico su altre vie, i manutentori potrebbero svolgere il loro lavoro senza dover interrompere la funzionalità dell'intero impianto.

Un'altra tipologia di cabina speciale potrebbe essere quella progettata per affiancare altre cabine lungo i tragitti e soccorrere persone all'interno, sia in caso di malfunzionamento dell'impianto o di eventuale malessere dei passeggeri. Le cabine di soccorso, rappresentate in Figura 27, potrebbero agganciare quelle da recuperare e trainarle. In alternativa cabina di soccorso potrebbe collegarsi fisicamente a quella da soccorrere, mettendo in comunicazione diretta le due cabine. Questa soluzione è stata suggerita dall'impianto di Castello d'Albertis Montegalletto di Genova. Lungo il tratto verticale, nel caso in cui una delle due cabine sia in difficoltà l'altra può raggiungerla lateralmente, lungo l'altro cavedio. Le cabine sono predisposte per essere messe in comunicazione aprendo una porta laterale e usando una piccola piattaforma integrata alla struttura della cabina per permettere il passaggio da una all'altra.

Una certa attenzione dovrebbe poi essere data alle cabine che si muovono lungo il tracciato orizzontale. Dovranno essere prese alcune precauzioni in caso si renda necessario un intervento. Come detto prima alcune cabine di soccorso potrebbero raggiungere quelle bloccate e trainarle o collegarsi ad esse. Tuttavia, dovrebbe essere anche prevista un'uscita di emergenza, per lo meno lungo il tratto orizzontale. In Figura 28, sono state proposte alcune soluzioni possibili. Nel primo caso prevedere una via di fuga laterale, lungo il tunnel di collegamento, accessibile aprendo le porte di cabina e facendo uscire le persone all'interno. Un'altra alternativa potrebbe essere quella di struttura lo spazio sovrastante, raggiungibile tramite una botola sempre apribile dall'interno della cabina. In questa seconda alternativa la via di fuga potrebbe poi



**Figura 28:** Vie di fuga pedonali alternative lungo i tracciati orizzontali.

Nel primo caso la cabina costeggia un passaggio pedonale integrato alla struttura dello sky-bridge. In caso di necessità può essere creata una continuità tra la cabina e il piano di calpestio, permettendo per esempio alle persone all'interno di uscire in totale sicurezza.

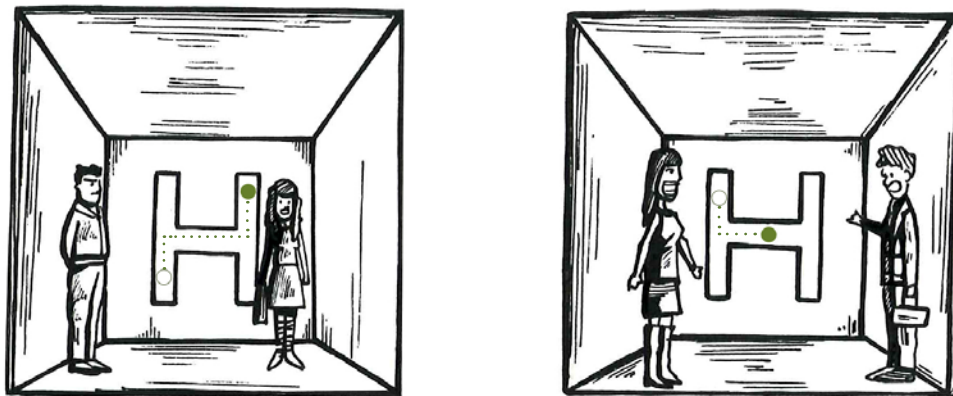
Nel caso in cui un passaggio laterale non sia possibile si ipotizza uno sopraelevato, sempre all'interno dello sky-bridge, che può essere raggiunto attraverso una botola predisposta sul soffitto della cabina, che potrebbe essere progettata per con un sistema di risalita integrato all'interno.

essere chiusa e a prova di fumo, permettendo ai passeggeri di scappare in totale sicurezza.

Inoltre, anche l'interno della cabina dovrà prevedere alcuni accorgimenti per la sicurezza del passeggero durante le varie fasi di spostamento. Il punto critico si verifica nel momento in cui la cabina passa dal moto verticale a quello orizzontale e durante tutto il tragitto lungo i tratti in orizzontale. I problemi sono legati all'instabilità del passeggero all'interno di un elemento che si muove in questa direzione. Si pensi, per esempio, a quando si viaggia in autobus o metropolitana. Le fasi di accelerazione o decelerazione possono far perdere stabilità ai passeggeri, per questo sono presenti sedute o altri dispositivi a cui l'utente possa aggrapparsi e sostenersi. Simili accorgimenti dovranno essere previsti anche nelle cabine degli impianti rope-less, come già Otis aveva suggerito per Odyssey. Così facendo i passeggeri potranno reggersi e mantenersi stabili durante le varie fasi di trasporto.

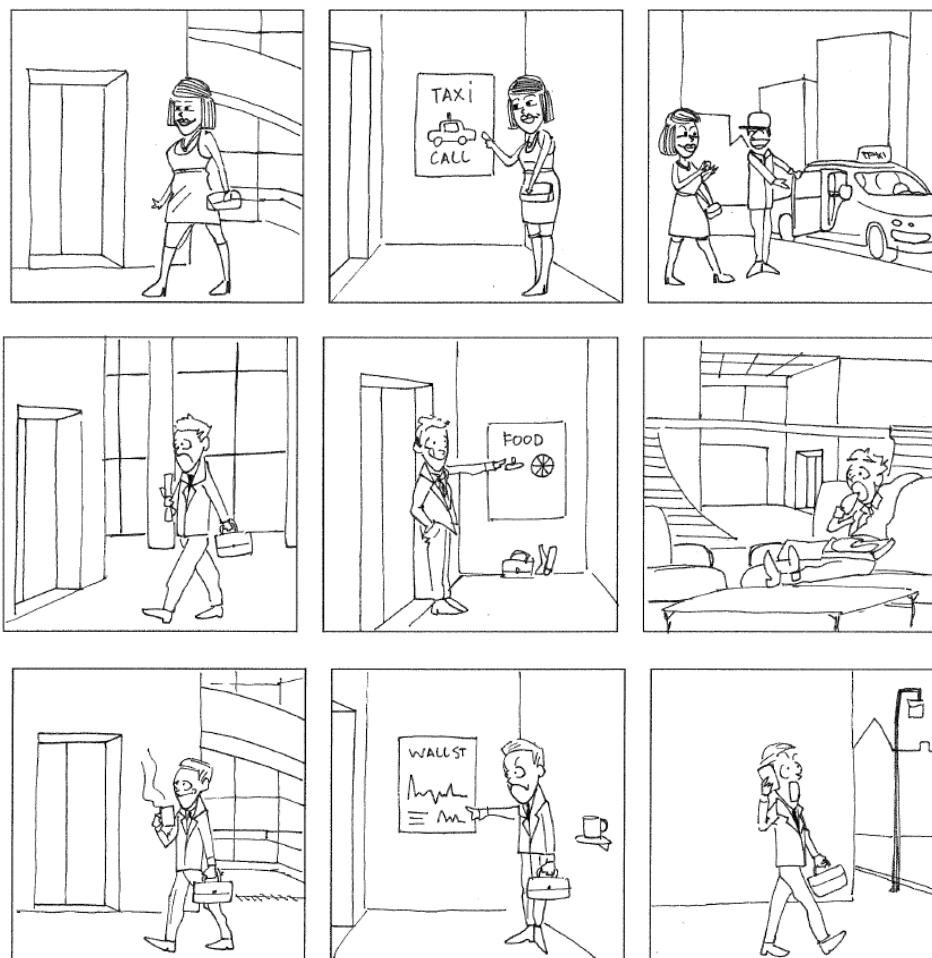
## 7.5 L'importanza di una efficiente comunicazione con l'utente

Ultimo passo fondamentale per rendere un sistema rope-less efficiente e funzionale è una corretta e adeguata comunicazione tra il dispositivo e l'utente. Quest'ultimo deve poter comprendere con facilità e velocemente il funzionamento del sistema di trasporto per poterlo utilizzare. Per esempio, la nuova generazione di ascensori permetterà alle cabine di spostarsi in orizzontale grazie alla presenza di elementi di snodo,



**Figura 29:** Rappresentazione dell'interno di una cabina rope-less dove è presente un'interfaccia grafica che rimanda alla configurazione del circuito, permettendo ai passeggeri di sapere sempre dove si trovano rispetto alla loro destinazione. Fonte: disegno di Gianluca Contran

come i rotator nel prototipo del MULTI. Per poter svoltare, la cabina dovrà però rallentare, forse fermarsi, e cambiare senso di marcia. Tenere il passeggero informato delle varie fasi dello spostamento della cabina sarà fondamentale per rassicurare il passeggero e renderlo consapevole. Bisogna sempre tenere a mente che le persone si troveranno all'interno di un involucro chiuso, completamente ignari di quello che succede all'esterno, e senza neanche più la sicurezza di essere "appesi ad una fune" dato che le cabine si muovono per induzione lineare. Per questo motivo la presenza, all'interno della cabina, di un'interfaccia di





comunicazione con i passeggeri che li informi è fondamentale. Può trattarsi di uno schermo che proietta informazioni, il funzionamento della cabina o di una voce registrata che comunica con i passeggeri.

Inoltre, dato che i circuiti saranno molto più complessi di quelli di oggi, anche un'infografica che comunichi al passeggero dove si trova la cabina in cui sta viaggiando, rispetto all'edificio, potrebbe essere un valore aggiunto (**Figura 29**).

Questi dispositivi e informazioni permetteranno anche al passeggero di distrarsi, visto che con molta probabilità i tempi di percorrenza saranno più lunghi di quelli di oggi, dato che i tracciati stessi saranno più estesi e complessi. Per questo motivo, potrebbe essere interessante attrezzare le cabine con una serie di servizi che possano effettivamente essere utili ai passeggeri, come la possibilità fare delle telefonate, navigare in internet o ascoltare musica e così via. Alcuni esempi sono riportati umoristicamente nelle vignette in **Figura 30**.

Una corretta comunicazione dovrà essere utilizzata anche al di fuori della cabina, in corrispondenza delle aree di carico delle lobby per esempio. Una valida soluzione, oltre a rendere spazialmente distinte e individuabili le diverse linee del circuito, potrebbe essere quella di inserire delle comunicazioni simili a quelle delle metropolitane. Per esempio, per informare i passeggeri che una nuova cabina vuota sta arrivando o quanto manca perché questa arrivi (si veda **Figura 31**). Avvisare i passeggeri che le porte si stanno chiudendo o che è stato raggiunto il carico massimo, per esempio, sono altre informazioni importanti, soprattutto in un sistema che punta così tanto sull'automazione.

**Figura 30:** Vignette in sequenza che vogliono descrivere possibili servizi che gli utenti potrebbero fare dall'interno della cabina. Si potrebbero effettuare chiamate e prenotazioni, come nei primi due casi, o per esempio, controllare le news. Il concetto è che i dispositivi rope-less e multidirezionali avranno tempi di percorrenza più elevati rispetto agli impianti convenzionali, per cui una possibile soluzione per distrarre e intrattenere gli utenti potrebbe essere quella di fornire loro strumenti e dispositivo per svolgere alcune attività. Fonte: disegno di Gianluca Contran

**Figura 31:** La cabina che si sta aprendo sulla sinistra è quella destinata al moto in salita, quella a destra al moto in discesa, come indicano le persone in uscita. Le infografiche sopra gli ingressi delle cabine forniscono informazioni agli utenti. Quello a destra chiarisce che è vietato entrare da quel lato, in quanto destinato al solo traffico in uscita. Quello a sinistra, invece, informa che una cabina è arrivata e che è in fase di carico, inoltre avvisa che la prossima è in arrivo. Fonte: disegno di Gianluca Contran.



# Conclusioni

## IL PUNTO DI VISTA DELLA RICERCA

Assumendo come punto di partenza lo stretto legame che intercorre fra il tipo edilizio dell'edificio alto e l'ascensore, la ricerca si pone l'obiettivo di analizzare il "rapporto a doppio senso" esplicitato da Gary (Gray, 2014) secondo cui l'edificio alto non è semplicemente il prodotto di una applicazione inevitabile dell'ascensore ma anche un sofisticato processo di trasformazione che ha visto il passaggio dal binomio edificio-ascensore a quello grattacielo-ascensore.

La produzione tecnico-scientifica evidenzia come spesso alla componente impiantistica venga riconosciuto un ruolo preponderante nell'evoluzione del tipo edilizio dell'edificio alto, considerandola come la principale tecnologia che ha reso possibile l'affermazione del grattacielo. L'indagine condotta, tuttavia, assume un approccio differente, condividendo il punto di vista del professor Gray. Egli sostiene che l'evoluzione del grattacielo è inscindibile da quella dell'ascensore dato che il progredire dell'uno ha motivato e incoraggiato l'avanzamento dell'altro, e viceversa, instaurando così "*a symbiotic relationship*" (Gray 2014). Prendere in considerazione la sola evoluzione del sistema di comunicazione verticale precluderebbe lo studio ad una sola parte della storia. Secondo Gray, infatti, è certo che il sistema di trasporto verticale ha avuto un ruolo determinante nello sviluppo del grattacielo ma è altrettanto vero che la spinta evolutiva del tipo dell'edificio alto, alla costante ricerca di nuove soluzioni, ha portato il settore industriale a trovare soluzioni tecniche e tecnologiche che permettessero di raggiungere le visioni e le volontà di forma immaginate dai progettisti. L'indagine condotta si pone quindi l'obiettivo di indagare quanto esplicitato da Gray, adottando un approccio trasversale al tema.

Quanto sostenuto appare subito evidente nella prima fase di analisi della ricerca, dove sono stati rintracciati i momenti salienti dell'evoluzione del tipo edilizio dell'edificio alto cercando di prestare particolare attenzione al ruolo avuto dal sistema di trasporto verticale in tali circostanze. Si evince con facilità che buona parte della storia iniziale dell'edificio alto, l'ascensore ha avuto un ruolo preponderante nella fase di progetto. Riconosciuto come "fattore di garanzia", i progettisti anteponevano alla definizione architettonica del manufatto la definizione di un efficiente e funzionale sistema di trasporto verticale, certi che questo avrebbe garantito la realizzazione di un grattacielo di successo e, di conseguenza, una garanzia a favore dell'investimento finanziario fatto. Nelle fasi successive, invece, in particolar modo quando l'edificio alto si confronta con l'epoca moderna, è la componente architettonica che "traina e richiede" maggiori prestazioni al dispositivo di trasporto. Il grattacielo continua a crescere in altezza, in dimensioni e di complessità, assomigliando sempre più ad un quartiere autosufficiente: una sorta di città nelle città, che ospita molti servizi e funzioni differenti, che necessita di una vera e propria infrastruttura di circolazione interna e che pecca però

nel trovare una relazione con il contesto in cui si inserisce. La risposta del settore ascensoristico a questa sfida non si fa attendere e vengono proposte soluzioni tecnologiche sempre più performanti, attente anche alle criticità che questa fase evolutiva dell'edificio alto portava con sé. Cabine in grado di viaggiare ad altissima velocità, adottando soluzioni tecniche suggerite da altre discipline come l'ingegneria aerospaziale: cabine pressurizzate che minimizzano la percezione del cambio di pressione in fase di accelerazione e decelerazione, che potrebbero causare delle problematiche all'utente all'interno della cabina. Soluzioni pensate per massimizzare la portata delle cabine, cercando di evitare di compromettere il delicato equilibrio tra spazi serventi – *not rentable* – e serviti – *rentable* – che nel caso di un edificio alto è di particolare importanza. Soluzioni di *dispatching* strategiche che hanno puntato sulla gerarchizzazione e distinzione dei flussi (soluzioni *in bank* o a *sky-lobby*), mirate ad assicurare un servizio quanto più efficiente possibile, per sopperire ad una criticità tecnica che preclude la possibilità di coprire tragitti eccessivamente lunghi: gli elementi costituenti dovrebbero essere dimensionati per tale sforzo il che porterebbe ad uno spreco di energie, materiali e spazio, oltre che ad un servizio sicuramente meno efficiente. Tutte queste soluzioni tecnologiche sviluppate hanno assecondando lo slancio evolutivo dell'edificio alto, che ha vissuto – e sta vivendo tuttora – un successo e una diffusione esponenziale, come testimoniano gli *sky-line* di moltissime città contemporanee.

Tuttavia, procedendo con l'analisi delle informazioni disponibili, al fine di sintetizzare il rapporto tra quadro esigenziale e risposta tecnica, è emerso in modo sempre più chiaro anche il “rovescio della medaglia”: il rapporto sinergico tra edificio alto e ascensore ha sì permesso che i progressi dell'uno determinassero gli avanzamenti dell'altro ma, allo stesso tempo, è anche vero che i limiti di uno sono diventati i vicoli dell'altro. Nello specifico il progetto di trasporto verticale, per poter assecondare le esigenze del progetto di architettura, è dovuto ricorrere ad una serie di compromessi che permettessero di superare i limiti derivanti dalle proprie possibilità. Per esempio, la frammentazione delle corse degli ascensori in sezioni più brevi, evitando così di sovraccaricare gli elementi costituenti e ridurre i tempi di trasporto. Oppure la gerarchizzazione dei flussi e l'utilizzo di impianti differenti per poter raggiungere tutti i livelli più alti e, al tempo stesso, per gestire e mantenere separata la circolazione interna nel caso in cui siano ospitate funzioni differenti all'interno della medesima torre. Il progetto dell'edificio alto permetterebbe una varietà di soluzioni elevata ma deve sempre essere ricondotto (e ridimensionato) alle possibilità del sistema di trasporto verticale. Guardando gli *sky-line* delle città moderne e contemporanee e, soprattutto, tenendo in considerazione l'incessante ed esponenziale crescita del settore degli edifici alti, pare evidente che si tratti di un vero e proprio problema, al contrario, dato che la costruzione in altezza sembra essere la tendenza verso cui mirano le città del futuro. Tuttavia, sebbene mene evidente, l'indagine ha permesso di individuare alcuni punti critici che potrebbero compromettere il delicato equilibrio

#### COLLO DI BOTTIGLIA DELL'EVOLUZIONE DELL'ASCENSORE

del binomio in esame. Come il tragico evento dell'11 settembre 2001 ha portato alla luce, gli edifici alti soffrono di un grande limite: il punto di ingresso coincide – pericolosamente – con il punto di uscita, dato che sono degli edifici indipendenti e totalmente isolati rispetto al contesto in cui si inseriscono. Qualsiasi tipo di interruzione della colonna verticale centrale, attorno alla quale si organizza l'intero progetto, e che contiene i principali elementi di comunicazione, impedirebbe alle persone di uscire, o evacuare, dall'edificio. Inoltre, si consideri che è solo negli ultimi anni che si stanno cercando soluzioni tecniche che permettano agli ascensori di contribuire alle fasi di evacuazione o di intervento in caso di emergenza. Rimane però il problema che, se il sistema verticale viene interrotto, l'uscita dalla torre risulta essere molto problematica, se non impossibile.

## NUOVE TENDENZE

L'indagine si è spostata in seguito a prendere in esame tutte le innovazioni disponibili, al fine di comprendere quali potrebbero essere le alternative tecnologiche verso cui si stanno orientando il mercato e i produttori. Quanto è emerso è che sono state formulate molte alternative possibili, sia in passato che di recente, accomunate dalla volontà di superare i limiti intrinseci – legati ai componenti e al principio convenzionale – del sistema di trasporto verticale. Tali proposte, nello specifico, sono state distinte in due macro gruppi, a seconda dell'approccio al tema. Uno raccoglie tutte le proposte che mirano ad intervenire sui singoli componenti costituenti il dispositivo ascensore, per permettere un incremento delle prestazioni attuali. Tra queste le numerose proposte che riguardano i cavi di trazione, elemento fondamentale e allo stesso tempo critico nelle applicazioni in edifici alti.

Il secondo gruppo, invece, ha adottato un approccio completamente differente e le soluzioni proposte sono state il punto di riferimento per le fasi successive della ricerca condotta. Si tratta di dispositivi *ropeless* e *multicar*. Essi mirano a escludere alcuni degli elementi che definiscono l'ascensore tradizionale, fra cui funi e contrappesi, consentendo così delle variazioni significative dell'applicazione dell'impianto negli edifici: ad esempio l'impiego di un maggior numero di cabine circolanti contemporaneamente in modo indipendente all'interno del medesimo vano. Rappresentativi di questa tendenza sono i due impianti presi in considerazione per la fase successiva dell'indagine: il sistema Odyssey proposto da Otis nel 1986 e la tecnologia Multi di Thyssenkrupp, attualmente in fase di sviluppo e definizione, che è stata presentata nel 2016 a Rottweil, in Germania. Il fatto che un produttore di settore stia lavorando attivamente alla realizzazione di un impianto del genere è stata un'occasione importante per lo sviluppo successivo della ricerca.

La possibilità di alternare il moto verticale a quello orizzontale, percorrendo lunghi tragitti, indagata da Otis e l'idea di applicare il sistema Multi in edifici alti (oltre i 300 metri) per ottimizzare il servizio express, grazie ad un maggior numero di cabine che circolano contemporaneamente e in successione lungo il circuito chiuso dell'impianto (richiamando il funzionamento del Paternoster) sono stati i concetti su

cui è stata impostata la fase di sperimentazione progettuale. In questa seconda fase dell'indagine, infatti, sono stati sviluppati e analizzati possibili scenari applicativi, tramite la progettazione di edifici alti che basassero il proprio sistema di circolazione interna sull'applicazione di dispositivi *ropeless* e *multicar*. Riprendendo il concetto di base da cui è partita la ricerca, cioè il rapporto simbiotico tra il tipo dell'edificio alto e l'ascensore, l'indagine ha tentato di ipotizzare ed esplorare le possibilità, ma anche i punti di criticità, derivanti dall'applicazione di tali dispositivi nel progetto architettonico, dato che in futuro il dispositivo di trasporto potrebbe muoversi all'interno dell'edificio in vari modi e varie direzioni, non più solo lungo tracciati verticali.

Le applicazioni progettuali sono state impostate in seguito ad una rapida analisi di mercato, al fine di comprendere quali siano le attuali tendenze del settore di riferimento. È emerso che l'altezza di riferimento prevalente si è impostata tra i 200 e i 300 metri di altezza, con alcuni casi eccezionali sporadici che costituiscono le strutture da *record* (oltre i 400 e i 600 metri). Inoltre, le torri multifunzione, che ospitano al loro interno destinazioni d'uso differenti, rappresentano una fetta di mercato sempre più consistente. Infine, osservazione interessante, soprattutto tenendo a mente le problematiche che sono emerse l'11 settembre 2001, è che si sta facendo sempre più consistente la realizzazione di torri connesse tra loro attraverso *sky-bridge* pedonali, attrezzati con vari servizi, e *cluster* di torri, a formare vere e proprie porzioni di città indipendenti.

Sulla base di queste constatazioni, è stato impostato l'esercizio progettuale che ha visto il coinvolgimento sia di professionisti ed esperti di settore (consulenti di trasporto verticale, ascensoristi, strutturisti, progettisti, ecc.) e studenti di tre differenti facoltà di architettura (Iuav, University of Nottingham, University of Melbourne). Tale collaborazione ha permesso di avere un duplice approccio al tema, uno tecnico e scientifico derivante dalla visione dei professionisti e uno più visionario e per così dire *naive*, dato dagli esercizi progettuali degli studenti, che sono stati affiancati e guidati in tutte le fasi della definizione del progetto. Il ruolo di mediatore tra queste due differenti visioni del tema è stato utile per tenere in considerazione tutte le proposte e le riflessioni avanzate.

Le soluzioni proposte e studiate (si veda **Capitolo 7**) – he rappresentano il contributo originale della ricerca – con i progetti applicativi sviluppati hanno permesso di definire alcune linee di indirizzo per una futura applicazione dei dispositivi *ropeless* e multidirezionali. Nello specifico, le principali tematiche approfondite sono:

- Soluzione di inserimento e integrazione dei dispositivi *ropeless* nei distributivi: i requisiti e le peculiarità di un impianto a circuito chiuso, nuove modalità di salita e discesa degli utenti, tenendo in considerazione anche la componente orizzontale di moto, le relazioni tra gli spazi serventi e serviti;
- Strategie di *dispatching* alternative: come applicare i sistemi *rope-*

## APPLICAZIONI PROGETTUALI

## LINEE DI INDIRIZZO PER L'APPLICAZIONE DI DISPOSITIVI ROPELESS E MULTIDIREZIONALI

*less* per migliorare il servizio *express* in edifici con *sky-lobby*, soluzioni integrate per la gestione sia del servizio *express* che di quello locale abolendo la necessità di cambiare impianto;

- Integrazione dei dispositivi *ropeless* negli *sky-bridge*, permettendo un collegamento diretto tra due o più edifici: considerazioni sui vantaggi e sulle applicazioni possibili;
- Riflessioni su alcuni aspetti legati alla sicurezza dei dispositivi: identificazione dei vantaggi offerti dallo spostamento lungo tracciati orizzontali, moltiplicando i tracciati alternativi possibili; soluzioni per l'intervento e la gestione dell'impianto in caso di temporaneo malfunzionamento, ipotesi di soccorso e intervento e di progettazione della cabina;
- L'importanza di una efficiente comunicazione con l'utente: l'integrazione dispositivo-utente dovrà essere significativamente ripensata, trattandosi di una mobilità del tutto nuovo che porta ad una fruizione degli spazi differente. Si suggeriscono alcune soluzioni per una corretta segnaletica audio-visiva che informi l'utente delle fasi del trasporto e come interagire con l'impianto. Si propongono anche alcuni accorgimenti per fornire dei servizi agli utenti durante lo spostamento: schermi interattivi, musica, possibilità di personalizzazione dei servizi e così via.

#### RICADUTE SULLA SCALA ARCHITETTONICA

Il risultato primo di questa ricerca sta nell'aver riconosciuto il valore aggiunto che la componente orizzontale di trasporto potrebbe portare al settore della progettazione di edifici alti. La conclusione è che, seguendo le tendenze delle innovazioni tecnologiche in atto, l'ascensore si sta nettamente allontanando dal concetto e dalla definizione convenzionale, dirigendosi verso un vero e proprio sistema di trasporto, similmente a una infrastruttura autostradale o ferroviaria. Gli ascensori *ropeless* e multidirezionali, sono svincolati da questa definizione, essendo avviati verso un processo evolutivo, come insegna la storia, determinerà un rinnovamento anche nel tipo dell'edificio alto, forse – viste le attuali tendenze – già predisposto per accogliere tale mutazione. Questa evoluzione rispecchierebbe quanto Gray intuì rispetto al rapporto “a doppio senso” ossia che non solo il grattacielo si è sviluppato grazie ai continui progressi dell'ascensore ma anche che il desiderio di sviluppare la città verso l'alto – tendenza tra l'altro decisamente attuale – ha spinto l'industria a progettare “strumenti” di comunicazione sempre più performanti.

Confermando la presenza di un processo di trasferimento tecnologico in atto: l'ascensore, inteso come componente impiantistica che ha fortemente favorito e condizionato, si sta avvicinando sempre più al mondo dei trasporti e della circolazione su scala urbana, assecondando l'orientamento verso cui tende la ricerca architettonica dell'edificio alto, il punto di incontro porterà ad una nuova fase evolutiva della sinergia ascensore-grattacielo.

Nell'ambito delle tematiche affrontate nel corso della ricerca uno dei principali fattori di criticità è rappresentato dalla mancanza di dati approfonditi riguardo le prestazioni dei dispositivi *ropeless*. Ciò è accaduto perché la fase di sviluppo del Multi ha richiesto molto più tempo di quanto preventivato. Tale indisponibilità ha impedito di verificare le soluzioni proposte da un punto di vista analitico; da ciò è nata la necessità di chiedere la collaborazione a esperti e professionisti del settore che fornissero una visione/revisione delle soluzioni formulate nelle applicazioni progettuali, basandosi sulla propria esperienza e competenza nell'ambito dell'integrazione degli ascensori in edifici complessi.

Al termine del percorso di ricerca, alcune questioni sono rimaste aperte come le ricadute sul piano urbano, che sono state trattate solo marginalmente. Indagare come un sistema di circolazione interno e tra gli edifici possa integrarsi con la rete di distribuzione urbana, praticamente senza soluzione di continuità, potrebbe essere uno strumento valido per la gestione della mobilità nella città del futuro, sempre più orientata a una crescita verticale e una fitta rete di collegamenti, rappresentative dello stile di vita dinamico della società. Tali concetti richiamano alla mente le visioni futuristiche, al tempo definite utopiche, di H. Corbett, M. King o L. Hilberseimer e altri che prefiguravano un insediamento urbano caratterizzato da connessioni fluide e stratificate.

Il potenziale dello spostamento lungo tratti orizzontali, invece, per quanto sia stato affrontato dalla ricerca con un approccio propositivo, è risultato essere di particolare interesse per il gruppo thyssenkrupp, occupato nello sviluppo del sistema Multi. Attualmente, è stato avviato una seconda fase di collaborazione con il gruppo thyssenkrupp per indagare nel dettaglio alcuni dei risultati suggeriti da questa ricerca. Nello specifico l'integrazione del dispositivo di trasporto all'interno degli *sky-bridge*, permettendo quindi la connessione diretta e meccanizzata tra due o più edifici. Un secondo approfondimento riguarda invece l'evacuazione degli edifici alti, al fine di capire se i dispositivi *ropeless* possano assumere un ruolo chiave. L'alto livello di automazione e la capacità delle cabine di alternare il moto verticale a quello orizzontale, potrebbero portare alla formulazione di un efficiente sistema di evacuazione, in grado di individuare e percorrere il tracciato più sicuro per portare in salvo gli utenti.

Per concludere, l'indagine condotta, grazie all'approccio trasversale adottato, ha evidenziato le potenzialità e le opportunità dell'innovazione tecnologica nel campo della progettazione, portando ad un immediato riscontro da parte del settore produttivo-industriale.

# Bibliografia

## LIBRI

- Adler, Rodney. *Vertical Transportation for Buildings*. New York: American Elsevier Publishing Company, Inc., 1970.
- Ali, M.M. *Art of the Skyscraper: The Genius of Fazlur Khan*. New York: Rizzoli, 2001.
- Al-Kodmany, K. *Eco Towers: Sustainable Cities in the Sky*. Southampton: WIT Press, 2015b.
- Ascher, Kate. *The Heights: Anatomy of a skyscraper*. New York: The Penguin Press, 2011.
- Barney, Gina. *Elevator Traffic Handbook. Theory and Practice*. Abingdon, Oxon: Taylor & Francis, 2003.
- Bernard, A. *Lifted - A cultural history of elevator*. New York: New York University Press, 2014.
- Bingelli, K. *Building Systems for Interior Designers*. Hoboken (NJ): John Wiley & sons., 2015.
- CIBSE LIFTS GROUP. *Transportation Systems in Buildings - CIBSE Guide D*. Chartered Institution of Building Services Engineers, 2015.
- Cottardo, Roberto. *Come funziona*. Vignate (Milano): Volpe Editore Srl, 2008.
- Coull, A., e B. Smith. *Tall Building Structures: Analysis and Design*. Nova Iorque: Wiley Interscience, 1991.
- Dalzell, Frederick. *Engineering Invention: Frank J. Sprague and the U.S. Electrical Industry*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, 2010.
- Englert, Kerstin. *Lifts in Berlin: 100 Years of History*. Berlin: Jovis, 1998.
- Faiella, Graham. *The Technology of Mesopotamia*. New York: The Rosen Publishing Group, 2006.
- Fenske, Gail. *The Skyscraper and the City: The Woolworth Building and the Making of Modern New York*. Chicago: The University of Chicago Press, 2008.
- Ferris, Hugh. *The Metropolis of Tomorrow*. New York: Ives Washburn, 1929.
- Fornasari, Enzo. *Ascensori e Impianti di sollevamento: Tecnologia, Legislazione e Norme tecniche del trasporto verticale*. Santarcangelo di Romagna (RN): Maggioli, 2014.
- Gavois, Jean. *Going Up: an informal history of the elevator from the pyramids to the present*. Otis Elevator Company, 1983.
- Giedion, Sigfried. *Spazio, tempo ed architettura*. Milano: Hoepli, 1984.
- Goldfield, D. *Encyclopedia of American Urban History*. Thousand Oaks: SAGE Publications, Inc., 2007.
- Gray, Lee E. *From Ascending Rooms to Express Elevator. A History of the Passenger Elevator in the 19th Century*. Mobile (AL): Elevator World, Inc., 2014.
- Guerriero G. *Ascensori elettrici e idraulici. Progettazione, installazione, collaudo e manutenzione*. Roma: EPC libri, 2007
- Hitchcock, Henry-Russel, Albert Fein, Winston Weisman, Vincent Scully e Edgar Kaufmann. *The Rise of an American Architecture*. New York: Praeger Publishers (in Association with The Metropolitan Museum of Art), 1970.
- Jacobs, Jane. *Vita e morte delle grandi città americane*. Torino: Einaudi. 1969.
- Kaufman, Mervyn D. *Father of Skyscrapers: A Biography of Louis Sullivan*. Boston: Little, Brown and Company, 1969.



- King, Moses.. *King's Views of New 1896-1915 & Brooklyn, 1905: An Extraordinary Photographic Survey*. New York: Arno Press, 1980.
- Koolhaas, Rem. *Delirious New York. A retroactive manifesto for Manhattan*. New York: Oxford University Press, 1978.
- Koolhaas, Rem, e Irma Boom. *Elevators*. Venezia: Marsilio, 2014.
- Kulling, Monica, and David Parkins. *Going Up!: Elisha Otis's Trip to the Top*. Toronto, Ontario: Tundra Books, 2014.
- Lampugnani, Vittorio M., e Lutz Hartwig. *Vertical. Lift Escalators Paternoster. A Cultural History of Vertical Transportation*. Berlino: Ernst & Son, 1994.
- Landau, Sarah Bradford e Carl W. Condit. *Rise of the New York Skyscraper, 1865-1913*. New Haven; London: Yale University Press, 1999.
- Linguiti, Fausto. *L'ascensore: guida pratica alla macchina che tutti usano e nessuno conosce*. Roma: DEI, 1991.
- Lione, Raffaella. *Ascensore e altri impianti di sollevamento. Tecnica e progettazione*. Roma: Carocci editore S.p.A, 1998.
- Lusardi, Giulio e Amodeo Pietro. *L'ascensore e l'edificio*. Palermo: Grafill. 2002
- Maurer, Tracy. *Elevators*. Vero Beach, FL.: Rourke Educational Media, 2018.
- Middleton, William D., e William D. Middleton III. *Frank Julian Sprague: Electrical Inventor & Engineer*. Bloomington, Indiana: Indiana University Press, 2009.
- Mujica, Francisco. *History of the skyscrapers*. New York: Da Capo Press, 1977.
- Mumford, L. *The Brown Decades: A study of the arts in america, 1865-1895*. Marsilio: Venezia. 1977. Traduzione a cura di Francesco Dal Co. New York: Harcourt, Brace & Co., 1931.
- Panizza, Mario. *Mister Grattacielo*. Roma: Laterza, 1987.
- Paolelli, Riccardo. *L'ascensore idraulico*. Milano: Hoepli Editore, 1994.
- Pevsner, Nikolaus, John Fleming, e Hugh Honour. *Dizionario di Architettura*. Torino: Einaudi, 1981.
- Pugnaletto, Marina. *Gli Elementi di Comunicazione Verticale: dai corpi-scala ai percorsi meccanizzati*. Roma: Gangemi, 2012.
- Reis, Ronald A. *The Empire State Building*. New York: Chelsea House, 2009.
- Steadman, P. *Building Types and Built Forms*. Leicestershire: Matador, 2014.
- Strakosch, George R. *Vertical Transportation: Elevators and Escalators*. Hoboken, New Jersey: Wiley, 1983.
- Strakosch, George, e Robert Caporale. *The Vertical Transportation Handbook. 4th Edition*. Hoboken, NJ: Wiley, 2010.
- Sullivan, Louis. *Autobiography of an Idea*. New York City: Press of the American institute of Architects, Inc., 1924.
- Swingle, Calvin F. *Elevators, Hydraulic and Electric: A complete hand book containing full descriptions and illustrations of the mechanism of all the modern types of electric and hydraulic elevators*. Chicago: F. J. Drake & Company, 1910.
- Tauranac, John. *The Empire State Building: The Making of a Landmark*. New York: St. Martin's Griffin, 1997.
- Terranova, Antonio, e Timothy Stroud. *Skyscrapers*. Vercelli: White Star, 2003.
- Trabucco, Dario. *Costruire in altezza: una sfida per la sostenibilità : il service core e il bilancio energetico di un edificio alto*. Monfalcone (Gorizia): Edicom Edizioni, 2010.

- Trabucco, Dario, Elena Giacomello, e Federica Alberti. *L'ascensore in Architettura: progettazione, dimensionamento, normatica e casi studio*. Milano: Franco Angeli, 2018.
- Weisman, W. *A new view of skyscraper history*. A cura di E. Kaufmann Jr. New York: Praeger, 1970.
- Willis, Carol. *Form Follows Finance*. New York: Princeton Architectural Press, 1995.
- Willis, Carol, e Donald Friedman. *Building The Empire State*. New York: W.W. Norton & Company, 1998.
- Wright, Frank Lloyd. *Testamento*. Torino: Einaudi Editore, 1963.

## SAGGI, RIVISTE E PERIODICI

- AA.VV. L'ascensore. "La storia del trasporto verticale." *Detail 5* (2005): 496.
- AA.VV. "Come funziona - Guida Pratica all'ascensore." Supplemento a *Elevatori* 1/2009.
- AA.VV. "Come funziona - Guida Pratica all'ascensore." Supplemento a *Elevatori* 1/2011.
- Ali, Mir M., e Kyoung Sun Moon. "Structural Developments in Tall Buildings: Current Trends and Future Prospects." *Architectural Science Review* (2007): 205-223.
- Al-Kodmany, K. "Tall Buildings and Elevators: A Review of Recent Technological Advances." *Buildings*, settembre (2015a): 1070-1104.
- Al-Sharif, Lutfi. "The Design of Elevator System in High Rise Building, Part 1." *Research Gate* (2017): 46-62.
- Al-Sharif, Lutfi, Ghazi Al Sukkar, Asma Hakouz, e Al-Shamayleh Nama' A. "Design of traffic systems in high rise buildings." *elevatori*, luglio-agosto (2017): 48-62.
- Anonimo. "Two elevators run in one shaft." *Popular Science*, Aprile (1931): 71.
- Anonimo. "Safety air cushions for Woolworth Building elevators." *Compressed Air Magazine* January to December (1914): 7365 - 7368.
- Anonimo. "What's New. Reaching New Heights." *Popular Science*, maggio (1997): 22.
- Anonimo. "World's Tallest Office Building Finished. Has Fifty-five Stories." *The Kennewick Courier - Washington* (1913): 6.
- Anonimo. "Two-deck elevators put in skyscrapers." *Popular Science*, gennaio, (1932): 48.
- Appunn, Ruedrigger, e Kay Hameyer. "Modern High Speed Elevator Systems for Skyscrapers." Aachen, Germania: *Institute of Electrical Machines*, RWTH, 2014.
- B., J. "The Woolworth Building." *The Soil*, 2 (1917): 61-65.
- Baker, William, Paul James, Richard Tomlinson, e Andrew Weiss. "Case Study: Trump International Hotel & Tower." *CTBUH Journal*, Issue III (2009): 16 - 22.
- Barr, Jason. "Skyscrapers and Skylines: New York and Chicago." *CTBUH Journal*, I Issue (2014).
- Beedle, Lynn. "Structural Design of Tall Concrete and Masonry Buildings." New York: *American Society of Civil Engineers*, 1978.
- Bonislawski, Adam. "World's Longest Commutes, by Elevator." *The Wall Street Journal*. 22 gennaio (2015). <https://www.wsj.com/articles/worlds-longest-commutes-by-elevator-1421949350> (consultato il giorno 15 marzo, 2017).
- Caporale, Robert S. "One WTC." *ELEVATOR WORLD*, settembre (2012): 37 - 41.
- Corbett, H. "The planning of Office Buildings." *Architectural Record*, (1924).
- Corriere della Sera. "Lehman Brothers dichiara fallimento." *Corriere della Sera - Economia*. 16 settembre (2008). [https://www.corriere.it/economia/08\\_settembre\\_15/lehman\\_brothers\\_banca\\_crisi\\_cre](https://www.corriere.it/economia/08_settembre_15/lehman_brothers_banca_crisi_cre)

dito\_Usa\_b8805f84-82b3-11dd-9b8b-00144f02aabc.shtml.

CTBUH. "CTBUH Tall Buildings in Numbers. Vertical Transportation: Ascent & Acceleration." *CTBUH Journal*, II Issue, (2017).

De Groot Pieter J. "The Maximum Speed of Elevators." *Elevator World*, maggio (2016): 44-45

De Jong, J. "Innovative Elevator Technologies to Future Proof Your Building." *CTBUH Journal*, III Issue (2014): 817-823.

Eleveditor. "IL RITORNO DELL'ASCENSORE IDRAULICO." *Elevator Magazine*. dicembre (2017).

Eleveditor. "MRL: the new standard in lift design." *Elevator Magazine*, marzo (2016). <http://www.elevatorimagazine.com/en/mrl-the-new-standard-in-lift-design/> (consultato il giorno 07 10, 2019).

Fortune, James. "Mega-High rise elevating." *Elevator World*, dicembre (1997).

Fortune, James. "Revolutionary lift designs for mega-high-rise buildings." *Elevator World*, maggio (1998): 66-69.

Fortune, James. "The Elevator Designs of Jeddah Tower." *Elevator World Inc.* (1998) <https://www.elevatorworld.com/the-elevator-designs-of-jeddah-tower/?cn-reloaded=1>.

Fryer, William. "Skeleton Construction." *Architectural Record*, (1891).

Generalova, Elena, e Viktor Generalov. "Designing High-Rise Housing: The Singapore Experience" *CTBUH Journal* (2014): 40 - 45.

Goldberger, Paul. Shadow Building. The house that Goldman built. *The New Yorker*, maggio 2010.

Isabelle, Rob. "The Bow: Elevating Calgary To Another Level." *Elevator World*, september (2013): 54 - 57.

Jetter, Markus, e Stefan Gerstenmeyewr. "A Next Generation Vertical Transportation System."

"The Future of Tall: A Selection of Written Works on Current Skyscraper Innovation." *The Mail House: Chicago*, 2015. 102-111.

Lamb, W. "The Empire State Building. VII. The General Design." *Architectural Forum*, (1931).

Leslie, Thomas. "The Monadnock Building Technically Reconsidered." *CTBUH Journal* IV (2013).

Linzey, M. P. T. "Optimum Lift Design for Tall Buildings." *Building Science* 8 (1973): 27-32.

Neyfakh, Leon. "How the elevator transformed America." *The Globe*, 2 marzo, 2014.

Normile, Dennis. "Getting a Lift from Linear Motors." *Popular Science*, 238, febbraio (1991): 25.

Oldfield, Philip, Dario Trabucco, e Antony Wood. "Five Energy Generations of Tall Buildings: An Historical Analysis of Energy Consumption in High-rise Buildings." *The Journal of Architecture*, Vol. 14, (2009): 591 - 613.

Pastore Rose. "9 Revolutionary Elevators from the Otis Elevator Company." *Popular Science*, April (2013).

Paumgarten, Nick. "Up and then down. The lives of elevators." *The New Yorker*, 21 aprile (2008).

Peet, Gerard. "The Origin of the Skyscraper." *CTBUH Journal*, Issue I, (2011): 18-23.

Rafael Viñoly Architects. "432 PARK AVENUE, New York City." *The Plan*. Search Engine for Architecture. 13 settembre 2017. <https://www.theplan.it/eng/webzine/international-architecture/en-432-park-avenue>.

Ross, Wiley. "The rise – but rarely the fall – of the elevator." *The Washington Post*, 1995.

Rowsome, F. "Vertical railroads." *Popular Science*, (1946): 206.

Safarik D, "Skybridges: A History and a View to the Near Future" *International Journal of High-Rise Buildings*. Volume 8, No. 1 (2019): 1-18.

Safarik D, Ursini S. e Wood A. "Megacities: setting the scene." *CTBUH Journal*, Issue IV (2016)

Sakita, Masami. "Elevator System with Multiple Car in One Hoistway." *Elevator World*, August 2010: 79-120.

Samant, Swinal, e Na Hsl-En. "A Tale of Two Singapore Sky Gardens." *CTBUH Journal* (2017): 26 - 31.

Samant, Swinal, e Srilakshmi Menon. "Exploring New Paradigms in High-Density Vertical Hybrids." *International Journal of High-Rise Buildings*, n. 2 (2018): 111-125.

Sullivan, L. «The Tall Office Building Artistically Considered.» *Lippincott's Magazine* (March 1896), 1896: 403–409.

Wainwright, Oliver. "Super-tall, super-skinny, super-expensive: the 'pencil towers' of New York's super-rich." *The Guardian*. 5 febbraio (2019). <https://www.theguardian.com/cities/2019/feb/05/super-tall-super-skinny-super-expensive-the-pencil-towers-of-new-yorks-super-rich> (consultato il giorno agosto 22, 2019).

Webster, J. C. "The Skyscraper: Logical and Historical Considerations." *Journal of Society of Architectural Historians*, n. 4 (1959): 126-139.

Weiss, M. "Skyscraper Zoning: New York's Pioneering Role." *Journal of the American Planning Association* (1992).

Wilk, Daniel Levinson. "Tales from the Elevator and Other Stories of Modern Service in New York City." *Enterprise & Society* Vol. 7, No. 4 (2006): 695-704

Wood, Antony. "Rethinking Evacuation: Rethinking Cities." *CTBUH Journal*, (2011): 44-49.

Wood, Antony, e Daniel Safarik. "Skybridges: A History and a View to the Near Future." *International Journal of High-Rise Buildings* (2019): 1-18.

Wood, Antony, e Philip Oldfield. "Bridging the gap: An analysis of proposed evacuation links at height in the World Trade Center Design Competition entries." A cura di Australia University of Sydney. *Architectural Science Review* (2007): 173-180.

Young, Andy, Nigel Annereau, Andy Butler, e Brian Smith. "Case Study: The Leadenhall Building London." *CTBUH Journal*, Issue II, 2013: 12-17.

#### ATTI DI CONVEGNO

Barker, Frederich H. "A Technical Primer: the Otis Odyssey System." in atti del convegno 2<sup>nd</sup> *CTBUH International Conference on High Technology Buildings*. Sao Paolo, Brazil, 1997

Bass, Patrick. "Energy-Efficient Elevator Solutions for High-Rise Buildings." in atti del convegno *CTBUH 2014 Shanghai Conference*. Chicago, 2014.

De Jong, J. "Advances in Elevator Technologies: Sustainable and Energy Implications." in atti del convegno *CTBUH Conference*. Chicago, 2008.

Godwin, Adrian. "Skytrak - An Elevator System for the 21st Century." in atti del convegno *CTBUH 2019 9th World Congress*, Shanghai, 2012.

Godwin Adrian. "MMLS: The Future of Vertical Transportation for Tall Buildings." in atti del convegno *Lift Symposium 2017*

Gray, Lee E "The Boreel Building and The Roped Hydraulic Elevator." in atti del convegno *CTBUH 2019 Conference: First Skyscraper, Skyscraper First Symposium*. Chicago, 2019.

Klan, G., S. Edgett, e J. Armas. "Advancements in Tall Building Vertical Transportation Designs." in atti del convegno *CTBUH Conference*. Chicago, 2012.

Koster, Simon. "Streets Take to the Sky and Dance: American Copper Buildings, New York City." in atti del convegno *CTBUH 2018 Tall+Urban Innovation Conference*, 2018.

Mitsubishi Electric Corporation. "Rope-Sway Control for High Rises." in atti del convegno *Elevator World Europe*, 2019.

Rahimian, Ahmad, e Yoram Eilon. "The Rise of One World Trade Center." in atti del convegno *CTBUH 2015 New York Conference*. New York, 2015.

Reinke, Stepha. "21<sup>st</sup> century vertical lifestyles intergenerational integrated communities." in atti del convegno *CTBUH Conference: Cities to Megacities: Shaping Dense Vertical Urbanism*. Shenzhen, Guangzhou, Hong Kong, 2016.

Robinson, J., e A. Wood. "Beyond Icons: Developing Horizontally in the Vertical Realm." in atti del convegno *CTBUH Shanghai Conference*, 2014.

Schoellkopf, Karl-Otto, e Joerg Muller. "New Approaches for Efficient People Transportation in Both Dimensions - Vertically and Horizontally." in atti del convegno *CTBUH Conference: Cities to Megacities: Shaping Dense Vertical Urbanism*. Shenzhen, Guangzhou, Hong Kong, 2016.

So, Albert, Lutfi Al-Sharif, e Ahmad Hammoudeh. "Analysis of Possible Two Dimensional Elevator Traffic Systems in Large Buildings." in atti del convegno *ELEVCON*. Parigi, 2014.

Sunder, Shyam. "Building and Fire Safety: Responding to the World Trade Center Disaster." in atti del convegno *CTBUH 2004 Seoul Conference*. Seoul, 2004.

Willis, Carol. "Singularly Slender: Sky Living in New York, Hong Kong, and Elsewhere." in atti del convegno *CTBUH Conference: Cities to Megacities: Shaping Dense Vertical Urbanism*. Shenzhen, Guangzhou, Hong Kong, 2016.

Wood, Antony. "Alternative Forms of Tall Building Evacuation." in atti del convegno *NIST Conference May 2007*. 2007.

#### DOCUMENTI IN FORMATO DIGITALE

De Luca, Davide Maria. "Il fallimento di Lehman Brothers." *Il Post*, 2012. (<https://www.ilpost.it/2012/09/15/lehman/>)

Harri Hakala & Marja-Liisa Siikonen & Tapio Tyni & Jari Ylinen. "Energy-Efficient Elevators for Tall Buildings." *KONE*, 2001 (<https://toolbox.kone.com>)

KONE. "New KONE UltraRope™ elevator hoisting technology enables the next big leap in high-rise building design." *KONE*, 2013. ([www.kone.com](http://www.kone.com))

KONE. "People Flow Experience in Offices." *KONE*, 2014 ([https://www.kone.com/en/Images/handbook-people-flow-experience-in-office\\_tcm17-65483.pdf](https://www.kone.com/en/Images/handbook-people-flow-experience-in-office_tcm17-65483.pdf))

Mitsubishi. "Mitsubishi installs world's largest elevators." *Mitsubishi Electric Corporation*, Construction Week online (<https://www.constructionweekonline.com/article-8407-mitsubishi-installs-worlds-largest-elevators>)

Mitsubishi Electric Corporation. "Mitsubishi Electric Installs Five 80-person Capacity Elevators at Umeda Hankyu Building Office Tower." *Mitsubishi Electric Corporation*. 2010. (<https://www.mitsubishielectric.com/news/2010/0519.pdf>)

Nemeth, B. "Energy-Efficiency Elevator Machines." *thyssenkrupp elevator*, 2011.

Otis Elevator Company. "Otis Elevator Company. Introducing the Gen2 Elevator. Experience the exceptional," *Otis Elevator Company*, 2018. ([www.otis.com](http://www.otis.com))

Otis Elevator Company. "Otis Launches Gen2 MRL for high-rise Market." *Otis Elevator Company*, 2018. ([https://www.otis.com/en/hk/about/news-and-media/press-releases/otis\\_launches\\_gen2\\_mrl\\_for\\_high\\_rise\\_market.aspx](https://www.otis.com/en/hk/about/news-and-media/press-releases/otis_launches_gen2_mrl_for_high_rise_market.aspx))

Schindler. "432 Park Avenue New York." *Schindler*, 2017. (<https://www.schindler.com/com/internet/en/>)

media/behind-the-scenes/customer-projects/2017/432-park-avenue-new-york.html#button)  
Schindler. “Activity Report. Annual Report 2000.” *Schindler*. 2000. (www.schindler.com)  
thyssenkrupp elevator. “MAXimizing city efficiency.” *thyssenkrupp elevator*, 2017 ( https://max.thyssenkrupp-elevator.com/assets/pdf/TK-Elevator-MAX-Report.pdf)  
thyssenkrupp elevator. “TWIN elevator: It’s a double win!” *thyssenkrupp elevator*, 2014 (https://www.thyssenkrupp-elevator.com/uk/products/elevators/twin/)  
thyssenkrupp elevator. “TWIN®. Fact Sheet ST 61” *thyssenkrupp elevator*, 2012.  
Wit, Jochem. “Elevator Planning for high-rise buildings.” *deerns*, 2018 (https://www.deerns.com/documents/Brochures/Elevator%20planning%20for%20high%20rise%20buildings\_DEF.pdf)  
Yoshida, M., e N. Monozukuri. « Mitsubishi Unveils Ultra-high-speed Elevator for Skyscraper.» Nikkei Business Publications Inc., febbraio 2012.

## TESI DI LAUREA

Auvinen, Mikko. “Development Paths of Mutil-Car Elevators.” Thesis of Master Degree in Science Technology. Espoo, 2 novembre 2015.  
Otete, A. “Ascensori. Eco-efficienza e modernizzazione.” Tesi di Laurea in Ingegneria Elettrica, Politecnico di Milano, Milano, AA. 2009-2010.  
Valente, João Miguel Serras Delgado. “Tall Buildings and Elevators. Historical Evolution of Vertical Communication Systems.” Tesi di Laurea in Ingegneria Civile presso l’Instituto Superior Tecnico. Universidade Tecnica de Lisboa. Lisboa, 2015.

## LEGGI, DECRETI DI RIFERIMENTO

DPR 1497/63 - *Norme per gli ascensori ed i montacarichi in servizio privato.*  
DPR 1635/79 - *Norme per l’adeguamento degli impianti idraulici preesistenti.*  
DM 236/1989 - *Prescrizioni tecniche necessarie a garantire l’accessibilità, l’adattabilità e la visitabilità degli edifici privati e di edilizia residenziale pubblica sovvenzionata e agevolata, ai fini del superamento e dell’eliminazione delle barriere architettoniche.*  
DPR 503/1996 - *Regolamento recante norme per l’eliminazione delle barriere architettoniche degli edifici, spazi e servizi pubblici.*  
Legge 13/1989 - *Disposizioni per favorire il superamento e l’eliminazione delle barriere architettoniche negli edifici privati.*  
2014/33/UE - *Direttiva ascensori per l’armonizzazione delle legislazioni degli Stati membri relative agli ascensori e ai componenti di sicurezza per ascensori*  
2006/42/CE *Direttiva macchine.*

## BREVETTI

Barrett, David W., J. F. Cassidy Jr, G. A. L. David, E. P. Gagnon, A. F Peruggi, e R. E. Peruggi. “Elevator Cars Switch Hoistways While Travelling Vertically.” *US Brevetto 5816368 A*. 6 October 1998.  
Condon, Daniel E. “Spiral Elevator.” *US Brevetto 619751A*. 1903.  
Godwin, Adrian Michael, e Michael Godwin. “Transportation System.” *EP Brevetto 2619122 B1*. 15

aprile 2015.

Godwin, Adrian Michael, e Michael Godwin. "Transportation System." *WO Brevetto 2012038760 A2*. 23 settembre 2011.

Hagiwara, Takayuki, Takashi Teramoto, Atsuya Fujino, e Tomio Hayano. "Multi-car elevator." *EP Brevetto 2 003 081 B1*. 11 gennaio 2012.

Hamilton, John. "Multi-car elevator." *US Brevetto 561223A*. 2 giugno 1896.

James, H. D., e D. G. Boozer. "Multicage Elevator." *US Brevetto 1,914,128*. 13 giugno 1933.

Kazuhiro, e Tanaka. "Multi-car elevator." A cura di Toshiba. *JP Brevetto 2007131402A*. 31 maggio 2007.

Kazuhiro, Tanaka. "Multi-car elevator." A cura di Toshiba. *JP Brevetto 2006225052A*. 31 agosto 2006.

McCarthy, Richard "Horizontal and Vertical Passenger Transport." A cura di Otis Elevator Company. *US Brevetto 5861586*. 15 novembre 1996.

Reutner, Guenter, Wolfgang Meissner, Helmut Schlecker, Walter Neubling, e Martin Kleine-Doepke. "Elevator System." *US Brevetto 6,854,564 B2*. 15 febbraio 2005.

Seki, Kenta, Takayuki Hagiwara, Atsuya Fujino, e Tomio Hayano. "Multicar elevator." *EP Brevetto 1 647 513 A2*. 19 aprile 2006.

Smith, Rory, Randolph Huff, Richard Peters, Bruce Powell, e Gerhard Thumm. "Twin Elevator System." *US Brevetto 7,841,450 B2*. 30 novembre 2010.

Sprague, Frank J. "Dual Elevator System and Control." *US Brevetto 1,763,198*. 10 giugno 1930.

Xudong, W., X. Xiaozhuo, F. Haichao, Y. Shiyang, S. Xuanfeng, e S., Zhihua, Z. Jikai. "Non-rope circulating multi-cabin elevator and circulating system thereof." A cura di University Henan Polytechnic. *CN Brevetto 101875465 A*. 2010.

## RIFERIMENTI WEB

ANACAM <https://www.anacam.it>

Anie AssoAscensori <https://www.assoascensori.anie.it>

Buro Ole Scheeren. Interlace. 2014. <https://buro-os.com/projects/the-interlace> (consultato il giorno gennaio 11, 2016).

Centro Studi per la sicurezza ascensori della S.C.E.C. e S. Srl Sistema Certificazione Europea Controllo e Sicurezza. Glossario Enciclopedico dell'Ascensore. Quaderno 6. Roma: Bios, 2010. (consultato il giorno maggio 12, 2017).

Council on Tall Buildings and Urban Habitat: <https://www.ctbuh.org>

De Mattia, Michele, e Paolo Tattoli. «Dal DPR 1497/63 alle norme EN 81-20 ed EN 81-50:» ANACAM. 2001. (consultato il giorno febbraio 14, 2017).

Deerns: <https://www.deerns.com>

Elevator World: <https://www.elevatorworld.com>

Elevatori-The European Elevator Magazine <https://www.elevatorimagazine.com>

Hitachi: <https://www.hitachi.com>

KONE: <https://www.kone.com>

Mitsubishi: <https://www.mitsubishielectric.com>

Movveo: <https://www.movveo.com>

Otis Elevator Company: <https://www.otis.com>

Peters Research Ltd. <https://www.peters-research.com>

Ripper, Brian. *13 Facts About The Twilight Zone™ Tower Of Terror*. 29 luglio 2016. <http://allaboutthemousecentral.com/13-facts-about-the-twilight-zone-tower-of-terror/> (consultato il giorno dicembre 15, 2017).

Rose, Angelos. «Shanghai tower Elevator and escalators.» LinkedIn SlideShare. 7 dicembre 2014. <https://www.slideshare.net/saramesallam/shanghai-tower-elevator-and-escalators> (consultato il giorno ottobre 11, 2018).

Rowe, Diana. *The New Courtyard by Marriott and Residence Inn New York Manhattan/Central Park*. 15 January 2014. <https://www.hotel-scoop.com/the-new-marriott-courtyard-and-residence-inn-new-york-manhattancentral-park/>.

Schindler: <https://www.schindler.com>

Schulz, Dana. *How Long Are the Elevator Commutes in the Tallest Towers?* 26 gennaio 2015. <https://www.6sqft.com/how-long-are-the-elevator-commutes-in-the-tallest-towers/> (consultato il giorno marzo 15, 2017).

Sturgeon, William C. *The Elevator Museum*. 2012. <http://theelevatormuseum.org/about.php>.

The Skyscraper Center: <https://www.skyscrapercenter.org>

Thyssenkrupp elevator: <https://www.thyssenkrupp-elevator.com>



